

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGROECOSSISTEMAS**

Ana Paula Camargo

**APLICAÇÃO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE *Canavalia*
ensiformis (L.) DC. E *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland NA
GERMINAÇÃO E NA EMERGÊNCIA DE PLANTAS
ESPONTÂNEAS**

Florianópolis

2013

Ana Paula Camargo

**APLICAÇÃO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE *Canavalia*
ensiformis (L.) DC. E *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland NA
GERMINAÇÃO E NA EMERGÊNCIA DE PLANTAS
ESPONTÂNEAS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Agro-
ecossistemas da Universidade Federal
de Santa Catarina como requisito par-
cial para obtenção do Grau de Mestre
em Agroecossistemas.

Orientador: Prof. Dr. Jucinei
José Comin

Co-orientador: Prof. Dr. Paulo
Emilio Lovato

Co-orientadora: Prof^{ra}. Dr^a.
Shirley Kuhnen

FLORIANÓPOLIS

2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Camargo, Ana Paula

APLICAÇÃO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE *Canavalia ensiformis* (L.) DC. E *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland NA GERMINAÇÃO E NA EMERGÊNCIA DE PLANTAS ESPONTÂNEAS / Ana Paula Camargo ; orientador, Jucinei José Comin ; co-orientador, Paulo Emilio Lovato. - Florianópolis, SC, 2013.
120 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Inclui referências

1. Agroecossistemas. 2. Alelopatia. 3. Plantas de cobertura. 4. Plantas espontâneas. I. Comin, Jucinei José . II. Lovato, Paulo Emilio. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. IV. Título.

Ana Paula Camargo

APLICAÇÃO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE *Canavalia ensiformis* (L.) DC. E *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland NA GERMINAÇÃO E NA EMERGÊNCIA DE PLANTAS ESPONTÂNEAS

Dissertação aprovada em 28/06/2013, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Ademir Antônio Cazella
Coordenador do PGA

Prof. Dr. Jucinei José Comin
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jucinei José Comin

Presidente
(CCA-UFSC)

Prof. Dr. Claudio Roberto Fonseca

Sousa Soares
Membro
(CCA-UFSC)

Prof. Dr. Fernando Souza Rocha

Membro
(CCA-UFSC)

Prof^a. Dr^a. Roberta Sales Guedes

Pereira
Membro
(CCA-UFSC)

Florianópolis, 28 de junho de 2013.

A meus pais, Marli e Oscar.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades...

À minha mãe, Marli Elicker Camargo, que mesmo diante das dificuldades da nossa vida, confiou em mim. Ouviu todos os meus choros, desabafos e me confortou. Ligou todos os dias para me apoiar e para me lembrar que, mesmo longe, ela sempre estava comigo.

Ao meu pai, Oscar Binsfeld Camargo, que sempre sonhou os meus sonhos e acreditou que eu poderia realizá-los. Sua paciência e compreensão acalmaram muitas vezes meu coração.

Ao Professor Admir José Giachini pela oportunidade de ingresso no mestrado.

Ao Professor Paulo Emilio Lovato por ajudar a gaúcha do interior a encontrar seu caminho no mestrado, direcioná-la na construção do projeto e pelas valiosas contribuições.

Ao Professor Jucinei José Comin por me apresentar à agroecologia, acreditar em mim e na minha pesquisa. Por toda a ajuda na execução do projeto, na escrita da dissertação, e pelos vários ensinamentos.

Ao Professor Gustavo Brunetto pelo incentivo, por seu exemplo de professor e pesquisador.

À Professora Shirley Kuhnen pela sua disponibilidade, atenção, interesse, incentivo e ensinamentos na área da bioquímica. Por ter aberto as portas do Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal para que a pesquisa fosse possível.

A todos os Professores que me auxiliaram nesta caminhada.

A todos do Laboratório de Ecologia do Solo, que de uma forma ou de outra contribuíram, em especial ao Renato pela ajuda com o feijão-de-porco, ao Bruno pela ajuda na capacidade de campo e com o SigmaPlot, ao Vilmar e a Juliana pelas coletas e ajuda nos experimentos, ao Rafael pelos imprescindí-

veis ensinamentos sobre estatística e por aguentar meu mau humor com os números.

Aos “meus dois braços direitos”, Monique e Bárbara, pelas explicações agronômicas, a ajuda em todos os momentos, desde o planejamento até as avaliações, as conversas animadoras e acolhedoras, as discussões sempre construtivas, a atenção e a amizade sincera.

Aos maravilhosos colegas de mestrado, que me ajudaram a me adaptar à cidade grande, me deram carinho e atenção, me alegraram e me consolaram, sempre que precisei. Em especial aos que mais convivi, Leds, Carlinha, Suzana, Ju, James, Alan, Ricardo, Andrés, Joice, Marina, Silvia, vocês sempre estarão no meu coração.

Às amigas Lilian, Jana, Flávia e Marina pela amizade e apoio.

Aos meus familiares que compreenderam minha ausência e me incentivaram, em especial aos meus avós Guilherme e Therezinha, tia Eliane, tia Jô, prima Sabrina, e as minhas priminhas afilhadas Isabel e Eduarda.

Ao pessoal do Laboratório de Morfogênese e Bioquímica Vegetal, em especial à Ju, Bruno e Priscila.

Ao Departamento de Eng. Rural por ter disponibilizado os laboratórios de Ecologia do Solo e Análise de Solos, Tecido e Água durante todo o mestrado.

À equipe da Estação Experimental da EPAGRI de Ituporanga, pela orientação e apoio.

A José de Jesus Garipuna pela coleta das sementes.

Ao Luiz, técnico do Laboratório de Sementes, e à professora Rosete, pelo apoio com a germinação de sementes.

À Universidade Federal do Paraná, pelo empréstimo do equipamento scanner com o software Winrhizo.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas pela oportunidade, e a CAPES pela concessão de 14 meses de bolsa.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Baaah! Muito obrigada!

“Querer, poder e conseguir.”

RESUMO

Alelopatia é a interferência química de um organismo sobre outro, mediada por uma ou várias substâncias, os chamados aleloquímicos. *Canavalia ensiformis*. e *Mucuna aterrima* são utilizadas como plantas de cobertura e citadas por seus efeitos alelopáticos. Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de quatro concentrações de extratos metanólicos dessas duas espécies em comparação com o controle (água destilada), sobre a germinação e emergência das espécies espontâneas *Rumex obtusifolius*, *Sonchus oleraceus* e *Bidens pilosa* em condições de laboratório e de casa de vegetação. Os extratos foram obtidos incubando-se 25 g de folhas moídas em 250 mL de metanol 80% por 48 horas, ao abrigo de luz e temperatura ambiente, com posterior filtração a vácuo, centrifugação, recuperação em rota-evaporador, ressuspensão em água destilada e armazenamento a -80°C. O conteúdo de polifenóis foi determinado pelo método de Folin-Ciocalteu, utilizando uma curva padrão de ácido gálico. Em ambas as condições de semeadura o delineamento experimental foi de três espécies de plantas espontâneas e cinco tratamentos (0,0; 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) de *C. ensiformis* ou de *M. aterrima*, com 4 repetições por tratamento. Em laboratório, 50 sementes de cada planta espontânea foram colocadas em caixas Gerbox forradas com papel de germinação umedecido com as diferentes concentrações de extrato, na razão de 2,5 vezes o peso do papel, e colocadas em câmara de germinação (12 horas claro/escuro e temperatura $25^{\circ}\text{C} \pm 1$). Em casa de vegetação, foram semeadas 50 sementes de cada espécie em vasos contendo 1,8 kg de solo Cambissolo Húmico Alumínico. Os extratos ou água (controle) foram aplicados sobre os vasos (20 mL), a cada dois dias para manter o solo com 60% da capacidade de campo. Para as sementes em condições de laboratório foram avaliadas a percentagem de germinação final (GERL) e o índice de velocidade de germinação (IVGL). Para as sementes em casa de vegetação foram avaliados: percentagem de germinação final (GERCV); altura das plantas (ALT); teor de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSR); e as raízes ainda foram avaliadas quanto ao comprimento (COMPR), volume (VOLR) e diâmetro (DIAR). A espécie *S. oleraceus* sofreu a maior interferência das diferentes concentrações de extratos de *C. ensiformis* tanto no experimento de laboratório quanto em casa de vegetação para todas as variáveis analisadas. As espécies *R. obtusifolius* e *B. pilosa* tiveram os caracteres GERL e IVGL reduzidos pelos extratos de *C. ensiformis* no experimento em laboratório. Em casa de vegetação, *R. obtusifolius* sofreu efeitos negativos do extrato nas variáveis MSR e MSPA, enquanto *B. pilosa* foi

estimulada pela maior concentração de extrato em DIAR e ALT. Nos testes com extratos de *M. aterrima*, GERL e IVGL de *R. obtusifolius* no experimento de laboratório e DIAR e COMPR no experimento em casa de vegetação foram estimulados por algumas concentrações de extrato. MSR e MSPA de *R. obtusifolius* e de *S. oleraceus* foram inibidas pelas maiores concentrações do extrato. GERL, IVGL, COMPR e VOLR de *B. pilosa* foram estimulados pelas diferentes concentrações de extrato, mas por outro lado, MSR e ALT apresentaram reduções. Diante do exposto, conclui-se que as espécies *C. ensiformis* e *M. aterrima* demonstram potencial alelopático no manejo dessas espontâneas devido às interferências metabólicas que podem ter afetado os processos de divisão celular e/ou a produção de fitohormônios (muitos deles considerados aleloquímicos) e/ou a fotossíntese, ou outro mecanismo celular, ou vários desses de uma vez.

Palavras-chave: Alelopatia. Plantas de Cobertura. *Canavalia ensiformis*. *Mucuna aterrima*. Plantas Espontâneas.

ABSTRACT

Allelopathy is the chemical interference of one organism over another, mediated by one or more substances, called allelochemicals. *Canavalia ensiformis* and *Mucuna aterrima* are used as cover crops and cited for their allelopathic effects. This work aimed to evaluate the effect of concentrations of methanol extracts from these two species, as compared to a control (distilled water), on germination and emergence of the spontaneous species *Rumex obtusifolius*, *Sonchus oleraceus*, and *Bidens pilosa*, under laboratory and greenhouse conditions. Extracts were obtained suspending 25 g of ground leaves in 250 mL of 80% methanol. After 48-h incubation in the dark and ambient temperature, the extract was vacuum filtered, centrifuged, recovered with a rota evaporator, re-suspended in distilled water and stored at -80 °C. Polyphenol contents were determined with Folin-Ciocalteu reagent using a standard curve of gallic acid. In both experiments, experimental design included three spontaneous species and application of five treatments consisting of water or extracts of *C. ensiformis* or *M. aterrima* at concentrations of 0.01, 0.05, 0.1, and 0.2 ml μgEAG^{-1} , with four replicates per treatment. In the laboratory assay, 50 seeds of each plant were placed in Gerbox boxes lined with germination paper moistened with the extracts or control at a ratio of 2.5 times the weight of the paper. The boxes were placed in a germination chamber (12 hours of light and temperature of 25 °C \pm 1). In the greenhouse assay, 50 seeds of each spontaneous species were placed in pots containing 1.8 kg of Haplumbrept soil. Plant extracts or water was applied to the soil surface at a rate of 20 mL per pot every two days. Plants were watered to keep water holding capacity at 60%. In the laboratory assay, final percentage of germination and germination time index were quantified. In the greenhouse assay, percentage of germination, plant height, and shoot and root dry biomass were evaluated, as well as root length, volume, and diameter. *S. oleraceus* was the species most affected by *C. ensiformis* extracts, in all variables, in both laboratory and greenhouse experiments. *R. obtusifolius* and *B. pilosa* total germination and germination time index were lowered by *C. ensiformis* extracts in the laboratory assay. In the greenhouse assay, *R. obtusifolius* suffered negative effects of that extract, lowering shoot and root dry weight, while *B. pilosa* plants had their height and root diameter increased in the highest concentration of this species extract. *R. obtusifolius* total germination and germination time index in the laboratory assay, and root length and diameter in the greenhouse, were increased by some *M. aterrima* extract concentrations. Root and shoot biomass of *R. obtu-*

sifolius and *S. oleraceus* were decreased by *M. aterrima* extracts in the highest concentrations. *B. pilosa* germination time index, root length and volume increased in different concentrations of *M. aterrima* extract, but root mass and plant height decreased with extract application. The responses of three species of spontaneous treatments with extract of *C. ensiformis* and *M. aterrima* is due to metabolic interference that may have affected the processes of cell division and / or the production of hormones (many of them considered allelochemicals) and / or photosynthesis or other cellular mechanism, or several of these at once.

Key-words: Allelopathy. Cover crops. *Canavalia ensiformis*. *Mucuna aterrima*. Spontaneous plants.

LISTA DE FIGURAS

1 - Aleloquímicos de restos culturais: processos, fatores que controlam e efeitos potenciais sobre os componentes do agroecossistema.	36
2 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ nos extratos metanólicos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de <i>Rumex obtusifolius</i> L.	62
3 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ nos extratos metanólicos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de <i>Sonchus oleraceus</i> L.	63
4 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ nos extratos metanólicos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de <i>Bidens pilosa</i> L.	64
5 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Rumex obtusifolius</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	66
6 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Sonchus oleraceus</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	67
7 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Bidens pilosa</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	68
8 - Efeito dos extratos aquosos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água, sobre o crescimento da parte aérea de <i>Rumex obtusifolius</i> L.	83
9 - Efeito dos extratos aquosos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água, sobre o crescimento da parte aérea de <i>Sonchus oleraceus</i> L.	84
10- Efeito dos extratos aquosos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água, sobre o crescimento da parte aérea de <i>Bidens pilosa</i> L.	85
11 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Rumex obtusifolius</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL ⁻¹ , e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	86
12 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Sonchus oleraceus</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e	

0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	87
13 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de <i>Bidens pilosa</i> L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).	88

LISTA DE TABELAS

1 – Fórmulas e variáveis que os dados foram transformados para atingir a normalidade.	54
2 - Percentual de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	55
3 - Percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com diferentes concentrações de polifenóis de extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	57
4 - Comprimento de raiz (COMPR) e volume de raiz (VOLR) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	58
5 - Matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	60
6 - Fórmulas e variáveis que os dados foram transformados para atingir a normalidade.	75
7 - Percentual de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	76
8 - Percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com diferentes concentrações de polifenóis de extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	79
9 - Comprimento de raiz (COMPR) e volume de raiz (VOLR) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	80
10 - Matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de <i>Rumex obtusifolius</i> L., <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L., tratadas com extratos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL ⁻¹	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COMPR – Comprimento de raiz

DIAR – diâmetro de raiz

DMS – diferença mínima significativa

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPAGRI - Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

Fig. - Figura

GERCV – Percentagem de germinação em casa de vegetação

GERL – Percentagem de germinação final em laboratório

IVG – Índice de velocidade de germinação em laboratório

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mL⁻¹ - Mililitro

MSR – Matéria seca de raiz

MSPA – Matéria seca da parte aérea

SC – Santa Catarina

Tab. - Tabela

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VOLR – Volume de raiz

µgEAG. - µg de equivalentes de ácido gálico

APRESENTAÇÃO

Este trabalho consiste na dissertação intitulada “Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformes* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas” apresentada ao programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, em 28 de Junho de 2013. A dissertação está vinculada ao projeto “Desenvolvimento de sistema de plantio direto agroecológico como estratégia de transição agroecológica”, financiado pelo Edital MDA/SAF/CNPq – nº 58/2010, desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Agroecologia (GEPEA), Departamento de Engenharia Rural e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), que busca a geração de conhecimentos para o manejo agroecológico do solo e estratégias de transição agroecológica.

O trabalho é apresentado em oito partes:

Introdução;

Revisão Bibliográfica;

Objetivos;

CAPÍTULO I: Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. na germinação e na emergência de plantas espontâneas.

CAPÍTULO II: Aplicação de compostos polifenólicos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas.

Conclusões Gerais e Considerações Finais;

Referências Bibliográficas;

Anexos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	29
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	33
2.1. ALELOPATIA.	33
2.1.1. Aleloquímicos	33
2.1.1.1. Formas de liberação e atuação no ambiente	34
2.1.2. Efeitos alelopáticos das plantas sobre outras espécies	35
2.1.3. Extratos	36
2.2. PLANTAS ESPONTÂNEAS	37
2.2.1. Benefícios e prejuízos ambientais	38
2.2.2. Práticas de manejo agroecológico	38
2.2.3. <i>Rumex obtusifolius</i> L.	39
2.2.4. <i>Sonchus oleraceus</i> L.	40
2.2.5. <i>Bidens pilosa</i> L.	41
2.3. PLANTAS DE COBERTURA	42
2.3.1. Plantio Direto	42
2.3.2. Supressão de plantas espontâneas por plantas de cobertura ...	43
2.3.3. Manejo de plantas de cobertura	44
2.3.4. <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.	45
2.3.5. <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland	46
3. OBJETIVOS.....	47
3.1. Objetivo geral	47
3.2. Objetivos específicos.....	47
4. CAPÍTULO I – Aplicação de composto polifenólicos de <i>Canavalia ensi-</i> <i>formis</i> (L.) DC. na germinação e na emergência de plantas espontâneas ...	49
4.1. INTRODUÇÃO.....	49
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	51
4.2.1. Obtenção dos extratos	51
4.2.2. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas	52
4.2.3. Experimento 2: Emergência de plântulas	52
4.2.4. Análises estatísticas	53
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4.3.1. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas	55
4.3.2. Experimento 2: Emergência de plântulas	57
4.4. CONCLUSÕES	69
5. CAPÍTULO II – Aplicação de compostos polifenólicos de <i>Mucuna ater-</i> <i>rima</i> (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas.....	71
5.1. INTRODUÇÃO.....	71
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	72
5.2.1. Obtenção dos extratos	72
5.2.2. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas	73

5.2.3. Experimento 2: Emergência de plântulas	74
5.2.4. Análises estatísticas	75
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
5.3.1. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas	76
5.3.2. Experimento 2: Emergência de plântulas	78
5.4. CONCLUSÕES	89
6. CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO 1 – Tabelas anova CAPÍTULO I: Aplicação de composto polifenólicos de <i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC. na germinação e na emergência de plantas espontâneas	109
ANEXO 2 - Tabelas anova CAPÍTULO II: Aplicação de composto polifenólicos de <i>Mucuna aterrima</i> (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas	115

1. INTRODUÇÃO GERAL

A atual busca incessante pela maior produtividade agrícola fez aumentar mundialmente o uso de agrotóxicos, e já se detecta resistência de plantas espontâneas e insetos a estes. É necessária a descoberta de um produto natural que combata estas ameaças e que no futuro possa minimizar ou evitar o uso de agrotóxicos, por isso os efeitos alelopáticos de plantas têm chamado à atenção dos pesquisadores (BHADORIA, 2010). A alelopatia é todas as interferências que ocorrem entre plantas e entre estas e micro-organismos, provocadas pela liberação de substâncias químicas por elas elaboradas, por tecidos vivos ou mortos, causando efeitos benéficos ou prejudiciais (ALMEIDA, 1988).

As plantas espontâneas são percebidas como indesejáveis intrusos em agroecossistemas, pois competem por recursos limitados, reduzindo os rendimentos da safra e, por consequência, demandam grandes quantidades de trabalho humano e tecnologia para seu manejo. Os herbicidas são o método predominante para o manejo de plantas espontâneas e constituem uma proporção crescente dos custos das culturas agrícolas (LIEBMAN, 2004). Buscando a redução desses custos, e também a redução do impacto ambiental causado pela utilização de herbicidas, é que pesquisas sobre o potencial alelopático de plantas cultivadas têm sido realizadas (TOKURA & NÓBREGA, 2006). O sistema produtivo baseado em altas doses de produtos químicos afeta negativamente o produto, o ambiente e a saúde humana, colocando em risco o ecossistema (BHADORIA, 2010).

Neste trabalho, utilizamos três espécies de plantas espontâneas comuns no Alto Vale do Itajaí (SC), em especial na produção de cebola, onde competem com esta (VILANOVA, 2011), sendo a cebola desfavorecida pela sua arquitetura, com pequena área foliar que a desfavorece na competição com outras plantas (EPAGRI, 2000). A espécie espontânea *Rumex obtusifolius* L., (Polygonaceae), popularmente chamada de língua-de-vaca, costuma invadir pastagens, nativas ou plantadas, e também culturas (ZALLER, 2004). A espontânea *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae), conhecida como serralha, é uma planta infestante encontrada na maior parte do Brasil, invadindo principalmente a horticultura (KISSMANN & GROTH, 1999). Porém, em alguns lugares é utilizada na alimentação dos animais e do homem, pelo seu alto valor nutricional (LIMA et al., 2009). *Bidens pilosa* L. (Asteraceae), a espontânea nomeada popularmente de picão-preto, tem origem na América do Sul e é comum em lavouras das regiões Sul,

Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, mas é citada como infestante em mais de 40 países (KISSMANN & GROTH, 1999).

Múltiplas estratégias podem ser usadas no manejo dessas plantas espontâneas, e entre elas as culturas de cobertura e/ou a alelopatia (BELZ, 2007). *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae) (feijão-deporco) e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fabaceae) (mucuna-preta) são utilizadas por agricultores do Alto Vale do Itajaí como plantas de cobertura e citadas em diversos trabalhos pelo seu potencial alelopático (CARVALHO et al., 2002; SOUZA FILHO, 2002; FONTANÉTTI et al., 2004;). *C. ensiformis* (L.) DC. tem crescimento ereto e hábito determinado, é uma planta arbustiva de ciclo vegetativo anual ou bianual, resistente a altas temperaturas e a seca (CALEGARI, 1993). *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland também é uma planta anual de hábito rasteiro, e tem crescimento indeterminado e bom nível de cobertura do solo (CALEGARI, 1995).

As plantas de cobertura melhoram a qualidade do solo e podem alterar a população de plantas espontâneas, tanto pelos seus efeitos alelopáticos, como também pelos seus efeitos de competição (FAVERO et al., 2001). Os efeitos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. como planta de cobertura foram prejudiciais ao desenvolvimento aéreo e radicular de *Digitaria horizontalis* Wild. (Poaceae) (milhã) e *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) (alface) (ERASMO et al., 2011), e eficientes no controle de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) (tiririca) (FONTANÉTTI et al., 2004).

Com experimentos de campo, Favero et al. (2000) e Erasmo et al. (2011) observaram o maior potencial de supressão de plantas espontâneas pela *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, utilizada como planta de cobertura, em comparação a outras espécies. Para isto, o seu bom potencial de cobertura do solo e seu maior tempo de decomposição foram determinantes (FAVERO et al., 2000; ERASMO et al., 2011). Também há trabalhos como o de Carvalho et al. (2002) e Souza et al. (1999), que citam os efeitos alelopáticos da planta, já que seus extratos inibiram a germinação e crescimento das plantas espontâneas testadas.

As formas pelas quais os efeitos alelopáticos são pesquisados incluem o uso de extratos brutos alcoólicos ou aquosos, obtidos de partes das plantas (AZAMBUJA et al., 2010). Esses extratos, que potencialmente possuem aleloquímicos, são testados sobre plantas espontâneas.

Os aleloquímicos, quando em contato com outras plantas, atingem funções vitais, como respiração, fotossíntese, divisão celular, re-

produção e nutrição (ALMEIDA, 1988). A liberação dos aleloquímicos naturalmente no ambiente pode acontecer por exsudação pelas raízes, por decomposição de resíduos, por lixiviação foliar e volatilização, e isso pode variar de acordo com o ambiente (INDERJIT & CALLAWAY, 2003).

Assim, este estudo procurou avaliar os efeitos dos extratos metanólicos das plantas de cobertura *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, sobre a germinação e a emergência de plantas espontâneas, visando fornecer subsídios a futuras pesquisas que busquem a produção de um extrato natural que reduza ou elimine as plantas espontâneas das lavouras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALELOPATIA

O termo alelopatia foi criado por Molish, em 1937, a partir das palavras gregas *alleton* (mútuo) e *pathos* (prejuízo), considerando todas as interferências que ocorrem entre plantas, incluindo microrganismos, provocadas pela liberação de substâncias químicas por elas elaboradas, por tecidos vivos ou mortos, causando efeitos benéficos ou prejudiciais (ALMEIDA, 1988). Em termos agrônômicos, é considerada uma interação entre uma cultura de interesse e plantas espontâneas (BELZ, 2007), tendo chamado a atenção dos pesquisadores que procuram descobrir extratos naturais para diminuir ou erradicar o uso de herbicidas (BHADORIA, 2010).

Em outras palavras, a alelopatia é definida como a supressão de uma espécie de planta, que libera compostos tóxicos, por outra (LAMBERS et al., 1998). Refere-se a efeitos diretos ou indiretos de plantas que liberam substâncias químicas e afetam outras plantas, sendo importante nos agroecossistemas (KOHLI et al., 1998; SINGH et al., 2001).

2.1.1. Aleloquímicos

Muitas moléculas biológicas, de vários grupos químicos, produzidas em sua maior parte pelo metabolismo secundário das plantas, podem ser alelopáticas. Esses metabólitos possuem quatro precursores principais: ácido chiquímico, ácido mevalônico, acetil coenzima A e fosfato deoxyxylulose, que são agrupados em terpenóides, compostos contendo N e fenólicos (ALBUQUERQUE et al., 2011). Essas substâncias encontram-se distribuídas em todos os seus órgãos, em concentrações muito baixas e variáveis, de acordo com as suas condições fisiológicas (ALMEIDA, 1988).

O conhecimento sobre os aleloquímicos sugere que eles atuam em conjunto, ao invés de uma única fitotoxina principal, e têm mais de uma função (BELZ, 2007). Sua natureza química é muito diversa e alguns só atuam quando em presença de outros, em combinações e proporções específicas (ALMEIDA, 1988). Existem ainda substâncias que precisam passar por alterações para se tornarem aleloquímicas (MORAES & SIQUEIRA, 2006).

Os cientistas têm se esforçado na tentativa de isolar e identificar a estrutura química dos aleloquímicos, mas um mesmo organismo produz diversos aleloquímicos, e entre eles, se desencadeiam diversas intera-

ções (ALMEIDA, 1988). Os sintomas que se observam são determinados pelo conjunto dos seus efeitos, tornando-se difícil, mesmo depois de identificados, estabelecer qual deles provoca os sintomas observados (ALMEIDA, 1988).

2.1.1.1. Formas de liberação dos aleloquímicos e atuação no ambiente

A liberação dos aleloquímicos no ambiente acontece por exsudação pelas raízes, decomposição de resíduos, lixiviação foliar e volatilização, e considerando as especificidades dos ambientes, isso pode variar (INDERJIT & CALLAWAY, 2003).

Na decomposição da matéria seca das plantas de cobertura e na exsudação radicular, os compostos liberados vão exercer efeito inibitório na germinação das sementes e no seu desenvolvimento (ALVARENGA, 2006). Os compostos aromáticos, muito ativos e encontrados em grande quantidade no solo, também diminuem, ou em alguns casos, podem auxiliar, a absorção de nutrientes, interação com enzimas e substâncias promotoras do crescimento e exercem efeitos microbiostáticos na comunidade do solo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Os aleloquímicos podem ser imobilizados na fase sólida, determinando equilíbrio com a solução do solo, com possibilidade de degradação e lixiviação quando em solo arenoso (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Na rizosfera, os compostos liberados pelas raízes regulam o ambiente em detrimento das plantas vizinhas, mantém interações biológicas e físicas, entre as raízes e os organismos do solo (WALKER et al., 2003). Ainda segundo os autores, os parasitas de plantas usam esses metabólitos como mensageiros químicos para iniciar a invasão de organismos, necessários ao crescimento heterotrófico. A exsudação de vários compostos no solo pode regular a microbiota, inibir a atividade de herbívoros, encorajar simbioses benéficas, causar mudanças das propriedades físicas e químicas, inibir o crescimento e a competição entre espécies de plantas (WALKER et al., 2003). Por isso, o efeito alelopático maior ou menor depende de muitos fatores como densidade de plantas, distribuição da raiz, densidade da raiz, características do solo, microclima e atividade microbiana (HIERRO & CALLAWAY, 2003).

O etileno, encontrado no solo ou acumulado em microhabitats anaeróbios, interfere no crescimento dos microrganismos e das raízes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Ainda, segundo os autores, os ácidos orgânicos, como o acético, propiônico e butírico, agem nas características físicas e químicas do solo, inibem a germinação de sementes, provo-

cam lesões nas raízes e fitotoxidade às plântulas. E dependendo do aleloquímico e da sua concentração, existe a possibilidade de redução do N mineral pelos microrganismos e raízes, alguns inibem simbiontes radiculares como o rizóbio, fungos micorrízicos e patógenos radiculares, podendo modificar a absorção de nutrientes e a nutrição de plantas.

A eficácia dos vários aleloquímicos que uma planta fabrica depende da fitotoxidade desses compostos individualmente, sua dinâmica no solo, e das suas interações bioquímicas e químicas (BELZ, 2007). Vários fatores abióticos induzem o gene ou a atividade enzimática na biossíntese de aleloquímicos, sua acumulação ou também liberação. Essas informações ainda são limitadas e um desafio aos pesquisadores (BELZ, 2007).

2.1.2. Efeitos alelopáticos das plantas sobre outras espécies

Plantas com potencial alelopático podem controlar plantas espontâneas, seja pela sua presença no local ou ainda pelos aleloquímicos produzidos que podem ser utilizados na fabricação de novos produtos que substituam os produtos sintéticos (SOUZA FILHO et al., 2005).

Os aleloquímicos interferem na divisão celular, na síntese orgânica, atuam na produção de hormônios, na absorção de nutrientes, inibem a síntese de proteínas, modificam o metabolismo lipídico, a abertura dos estômatos, a assimilação de CO₂ e a fotossíntese, prejudicando o transporte de elétrons e diminuindo a clorofila na planta (REIGOSA et al., 2006). Os aleloquímicos também defendem as plantas dos ataques de patógenos, por atuarem sobre os esporos e desenvolvimento dos microrganismos, e ainda tornam-se repelentes, atraentes ou tóxicos para insetos e outros animais herbívoros (ALMEIDA, 1988).

Sobre plantas introduzidas no local, o sistema de plantio direto evidencia a relação dos aleloquímicos com a produtividade das culturas por seus efeitos nas plantas e nos organismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). A concentração dos aleloquímicos na solução do solo é regulada por diversos fatores que estabelecem seus efeitos sobre as plantas e os organismos (Fig. 1). Em baixas concentrações, não se visualizam efeitos, mas conforme elevam-se as concentrações, efeitos positivos aparecem e podem também atingir condições de letalidade para a planta. O manejo e a dinâmica do ecossistema influenciam na concentração e nos efeitos das substâncias bioativas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

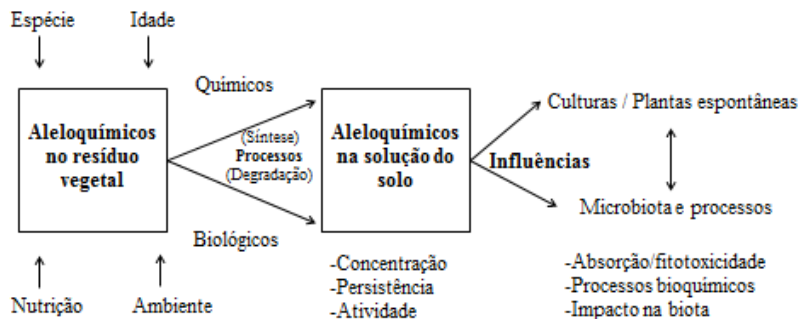


Figura 1: Aleloquímicos de restos culturais: processos, fatores que controlam e efeitos potenciais sobre os componentes do agroecossistema.

Fonte: Adaptado de Moreira & Siqueira, 2006.

Na última década, a alelopatia teve avanços significativos na compreensão de seus processos e do seu impacto no manejo de plantas espontâneas, sendo vista como um mecanismo natural à competição da cultura e das plantas espontâneas (BELZ, 2007). Agora é mais facilmente aceito que culturas possam ter uma função herbicida, liberando quantidades suficientes de fitotoxinas para a supressão de plantas espontâneas, resultando em uma redução de outras formas de manejo dessas plantas (BELZ, 2007). Os potenciais benefícios econômicos e ambientais devem ser explorados, do mesmo modo que as formas de defesa contra insetos e patógenos (BELZ, 2007). Por outro lado, críticos indicam elevados custos metabólicos para a planta, o que poderia impedir rendimentos elevados da cultura (BELZ, 2007).

2.1.3. Extratos

As formas pelas quais os efeitos alelopáticos são testados incluem a aplicação de extratos de plantas sobre semente ou plântulas de outras espécies (PIRES & OLIVEIRA, 2011). Para obtenção do extrato, aleloquímicos são extraídos das plantas por meio de solventes, que podem ser a água, sendo o extrato aquoso, ou também solventes orgânicos, como álcool, acetona, éter, clorofórmio e metanol (PUTMAN, 1985; AZAMBUJA et al., 2010; PIRES & OLIVEIRA, 2011).

A planta ou partes dela são embebidas pelo solvente durante um determinado tempo, depois o material é filtrado ou centrifugado (PUTMAN, 1985). Os extratos brutos aquosos podem ser obtidos a frio, a temperatura ambiente, ou a quente, através do despejo de água a 100 °C

sobre os fragmentos vegetais por mais de 30 minutos, denominando o extrato como extrato de infusão (AZAMBUJA et al, 2010).

Geralmente nos bioensaios, uma curva padrão é utilizada para quantificar o aleloquímico presente no extrato (PIRES & OLIVEIRA, 2011). No caso da quantificação dos compostos fenólicos, que têm alta atividade alelopática e alta polaridade (SOUZA FILHO, et al., 2010) a espectrometria é empregada com diversas técnicas. Entretanto, o reagente mais comum é o Folin-Ciocalteu (ROSSI & SINGLETON, 1965; ROGINSKY & LISSI, 2005). Depois da obtenção dos valores espectrométricos, geralmente eles são aplicados em uma curva padrão de ácido gálico, para obtenção da quantidade de mg de EAG (equivalentes de ácido gálico) por g e/ou ml de extrato (SOUZA et al., 2007; SILVA et al., 2010).

Os efeitos dos produtos potencialmente aleloquímicos são basicamente testados em *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) (alface) ou *Lycopersicon esculentum* Mill (Solanaceae) (tomate), consideradas plantas teste (FERREIRA & AQUILA, 2000). Todavia, também são feitas análises de extratos brutos de partes de plantas tóxicas ou medicinais, que possuem aleloquímicos, sobre plantas infestantes, como *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) (picão-preto), mas os estudos são escassos (AZAMBUJA et al, 2010).

Um exemplo sobre a extração de aleloquímicos das plantas e o seu uso, é o ácido p-cumárico, identificado e extraído de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae), e aplicado sobre as espécies de espontâneas *Mimosa pudica* L. (Fabaceae), *Senna obtusifolia* L. H. S. Irwin & Barneby (Fabaceae) e *Senna occidentalis* L. (Link) (Fabaceae) para avaliação do efeito sobre a germinação das sementes e o desenvolvimento radicular. A espécie *S. obtusifolia* foi à única espécie que não sofreu efeitos do ácido p-cumárico. A inibição da germinação foi baixa para as outras espécies, sendo a mais afetada a *S. occidentalis*. Entretanto, a radícula foi intensamente prejudicada nessas duas espécies, e com mais intensidade em *M. pudica* (SOUZA FILHO et al., 2005).

2.2. PLANTAS ESPONTÂNEAS

Define-se planta espontânea ou daninha como qualquer planta que se desenvolva onde não é desejada (AZEVEDO & SEVERINO, 2006). O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), considerando o aumento da produção e respectivamente do consumo de produtos livres de agrotóxicos, entre eles os agroecológicos, publicou uma Instrução Normativa (nº 007) em 1999, para dispor regras de co-

mercialização. De acordo com essa normativa, as plantas que se desenvolvem onde não são desejadas, são chamadas de invasoras (BRASIL, 1999). Neste trabalho, o termo utilizado, que corresponde à proposta de manejo dessas plantas, é plantas espontâneas.

As plantas espontâneas que se originam na área de produção, podem ser espécies exóticas, introduzidas no local, ou nativas originárias da própria área (PEREIRA & MELO, 2008).

2.2.1. Benefícios e prejuízos ambientais

A vegetação espontânea pode produzir biomassa e ciclar os nutrientes, atuando como cobertura do solo, do mesmo modo que as espécies introduzidas ou cultivadas para adubação verde. Foram encontrados teores significativos de potássio, magnésio e fósforo em espécies de espontâneas, como *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) (leiteiro) e *Bidens pilosa* L. (FAVERO et al., 2000).

As plantas espontâneas são consideradas pioneiras porque são as primeiras plantas a aparecerem em qualquer ambiente que perdeu a cobertura vegetal por motivos diversos. Por isso, esse tipo de vegetação é importante na recuperação de áreas degradadas, tendo elevada e prolongada taxa de reprodução (PITELLI, 1987). Elas também são hospedeiras alternativas de pragas, nematóides, moléstias e plantas parasitas, protegendo as culturas do ataque de pragas e doenças (PITELLI, 1987). O crescimento vegetativo e o florescimento dessas plantas costumam ser rápidos, e elas têm maior capacidade de competir pela sobrevivência, utilizando a alelopatia, o hábito trepador e outros (PITELLI, 1987). Entretanto, essas características é que proporcionam as interferências quantitativas e qualitativas na produtividade, o encarecimento das práticas culturais, o favorecimento ao surgimento de pragas e de doenças, além de outros prejuízos indiretos (ALVES & PITELLI, 2001). Podem causar alergias e intoxicações ao homem e aos animais, infestação de áreas de recreação e canais de irrigação (AZEVEDO & SEVERINO, 2006), e interferem alelopaticamente sobre as culturas. A colheita mecanizada pode ter sua eficiência diminuída por entupimento de seus dispositivos, causando até a quebra do equipamento. (PITELLI, 1987).

2.2.2. Práticas de manejo agroecológico

O sucesso do manejo de plantas espontâneas sem o uso de herbicidas requer um conhecimento profundo dos primeiros princípios

da ecologia e biologia dessas plantas (MAXWELL & O'DONOVAN, 2007). O manejo agroecológico das plantas espontâneas deverá ser realizado mediante a adoção de uma ou mais das seguintes técnicas: emprego de cobertura vegetal, viva ou morta, no solo; meios mecânicos de controle; rotação de culturas; alelopatia; controle biológico; cobertura inerte, que não cause contaminação e poluição, a critério da certificadora; solarização; sementes e mudas isentas de plantas espontâneas (BRASIL, 1999).

O controle inicial da comunidade espontânea reduz sua capacidade de acúmulo de matéria seca e de mobilização de recursos do meio, portanto, seu potencial de interferência competitiva na cultura de interesse. As plantas espontâneas tendem a reduzir o seu número com o tempo, devido ao aumento da competição de outras populações de plantas que surgem mais tarde no solo (SOARES et al., 2004).

Dentre as medidas de controle cultural destacam-se a prática de adubação, que deve ser parcelada, o uso de sementes/plantas vigorosas, a irrigação direcionada, o plantio direto e a rotação de culturas. A rotação de culturas de inverno constitui prática fundamental para evitar os ciclos de entressafra das plantas espontâneas e, também, proporcionar uma mudança de condições no ambiente da lavoura, não permitindo que se formem grandes infestações de algumas poucas espécies (ALVES & PITELLI, 2001). A rotação de culturas é componente integrante para a melhoria dos sistemas de manejo de plantas espontâneas já que reduz seu banco de sementes (BLACKSHAW et al., 2007).

O manejo de plantas espontâneas utilizando a alelopatia pode acontecer de diversas formas: identificação e isolamento de uma substância tóxica para utilização como herbicida; manipulação genética pela introdução de substância tóxica nas culturas; culturas de cobertura e seus resíduos e a manipulação das sementes de espontâneas, forçando a germinação em período que não prejudique a cultura (ALTIERI, 1999).

O manejo de plantas espontâneas é um processo dinâmico, que integra diversos métodos, e sempre deve ser revisto e, se preciso reformulado (PITELLI, 1987). As condições biofísicas e sócio- econômicas de cada região é que determinarão a forma de gestão aplicada (ALTIERI & NICHOLLS, 2000).

2.2.3. *Rumex obtusifolius* L.

Popularmente conhecida como língua-de-vaca, tem uma distribuição variável desde o nível do mar até 1.500 metros de altitude. Este gênero de plantas apresenta importância agrícola, pois costuma invadir

pastagens, nativas ou plantadas, e também culturas (ZALLER, 2004) e crescem, mesmo sob inverno rigoroso (MIYAGI et al., 2010).

Acredita-se que essas plantas vivam por décadas e são altamente variáveis, dependendo das condições ambientais em que se encontram (ZALLER, 2004). No Brasil, as características descritas por Lorenzi (1990) são: “planta perene, herbácea, fortemente rizomatosa, ereta, de 60-120 cm de altura. Folhas hirsutas na face inferior e glabras na superior, de 10-25 cm de comprimento”.

Na Europa Ocidental, o gênero *Rumex* apresenta principalmente espécies perenes, com algumas apresentando ciclos anuais ou bienais. Crescem em habitat variados, como bordas de rios, rochas calcárias, florestas, campos e diferentes tipos de solo (ASSCHE et al., 2002).

Pertencente à família Polygonaceae, ela se reproduz por sementes ou rizomas (LORENZI, 1990) e suas flores são, principalmente, polinizadas pelo vento, que também auxilia na dispersão dos frutos. Os frutos ainda podem se distribuir pela ação da água ou pelo esterco dos animais, mas muitos germinam perto da planta-mãe. A semente de *Rumex obtusifolius* L. tem dormência curta e geralmente induzida por enterramento no solo (ZALLER, 2004). Em experimentos, *R. obtusifolius* L. germinou com temperatura entre 15 e 25 °C no tanto no outono como na primavera, entretanto no outono a porcentagem de germinação foi maior (TSUYUZAKI, 2006).

Os métodos culturais de controle buscam a prevenção das infestações, com uso de pastagem, rotação de culturas, cobertura morta, escolha correta dos cultivares (ZALLER, 2004). O plantio direto auxilia a redução da infestação, porque a luz auxilia a germinação, e como não há revolvimento do solo nessa prática, é mais difícil a germinação das sementes que se encontram embaixo da palhada (ZALLER, 2004). Extratos naturais de plantas mostram ser eficientes na inibição de *Rumex obtusifolius* L. em laboratório (ZALLER, 2004).

2.2.4. *Sonchus oleraceus* L.

É mais conhecida como serralha, mas também como chicória-brava, serralha-lisa, serralheira. É uma planta herbácea, leitosa, glabra, de crescimento ereto variando de 40 a 110 cm de altura, tendo folhas de tamanhos variados, as superiores inteiras e as inferiores partidas (LORENZI, 1990). Sua raiz principal é pivotante, grossa e pálida e as raízes secundárias são fibrosas (KISSMANN & GROTH, 1999). A germinação dos aquênios costuma ter respostas diferentes de acordo com a posição deles sobre a superfície do solo, a localização sombreada também

pode comprometer a germinação, porém as propriedades do solo praticamente não influenciam este processo (HUTCHINSON et al., 1984).

Pertencente à família Asteraceae, no passado foi muito utilizada na alimentação humana devido ao seu bom gosto ao paladar. Atualmente o consumo é menor, mas ainda são utilizadas como salada, coletadas no inverno e primavera. Essas plantas anuais são cultivadas em pomares, terras em pousio, currais, valetas e consumida pelos bovinos também (GUIL-GUERRERO et al., 1998). Foi descoberto que três espécies de *Sonchus*, *S. oleraceus* L., *S. asper* L. e *S. tenerrimus* L., possuem elevada quantidade de proteínas, lipídios totais, carotenoides, ácido linoleico e palmítico, ácidos graxos totais, mas apresentam pouco carboidrato e ácido oxálico (LIMA et al., 2009). A ingestão de 77 gramas de folhas de *S. oleraceus* L. por dia supre a necessidade diária de vitamina C do ser humano, sendo que para outras espécies vegetais o consumo deve ser maior (LIMA et al., 2009).

As características de alguns compostos presentes no extrato de *Sonchus oleraceus* L. indicam que essa planta pode auxiliar no tratamento contra o vitiligo, e outras doenças que tenham como causa a ação dos radicais livres (LIMA et al., 2009). Na análise fitoquímica da folha, foram encontrados esteróides, saponinas e polifenóis, e o extrato dessa planta inibiu a bactéria *Bacillus subtilis*, e fracamente a *Pseudomonas aeruginosa* (DUARTE et al., 2002).

No Brasil, esta planta infestante de culturas é encontrada na maior parte do território. Ela prejudica principalmente a horticultura, podendo ser infectada por viroses comuns de plantas cultivadas, e pode abrigar nematoides, sendo fonte de inóculo (KISSMANN & GROTH, 1999).

2.2.5. *Bidens pilosa* L.

A agressividade de invasão devido as suas propriedades fitotóxicas diante de outras plantas e microrganismos destaca a espécie *Bidens pilosa* L. em todo o mundo. É uma planta rústica e muito eficiente no uso de recursos como água e nutrientes, e também das condições edáficas e ambientais (SANTOS & CURY, 2011).

Sua origem é a América Tropical, principalmente na América do Sul. No Brasil está presente em quase todo o território, sendo mais comum em lavouras das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Está também na Península Ibérica e na costa oeste do continente africano (KISSMANN & GROTH, 1999).

Essa planta tem como características ser herbácea, ereta, de 40 a 120 cm de altura, folhas glabras, inteiras ou 3 a 5 lobadas, com 5 a 10 cm de comprimento. Esta espécie anual também é chamada popularmente de picão-preto, picão, pico-pico, fura-capá, piolho-de-padre (LORENZI, 1990). Possui raiz principal pivotante, bastante profunda (KISSMANN & GROTH, 1999), inflorescência amarela e frutos maduros negros que são aquênios de 5 a 9 mm de comprimento (SANTOS & CURY, 2011).

A grande produção de sementes e seus mecanismos de dormência conferem a esta espécie uma fácil adaptação às áreas produtivas (CARMONA & VILLAS BÔAS, 2001). Produz de 3.000 a 6.000 sementes, e estas germinam logo após a maturação. Quando enterradas profundamente, tem em torno de 80% de germinação após três a cinco anos (LORENZI, 1991). Utilizando o plantio direto para seu manejo, os resultados aparecem em longo prazo, pois o sistema acelera a germinação do banco de sementes do solo (CARMONA & VILLAS BÔAS, 2001),

Bidens pilosa L. interfere na produtividade em áreas agrícolas pela competição por recursos, liberação de substâncias alelopáticas, e é hospedeira de pragas, doenças e nematóides, e por isso prejudica direta e indiretamente as atividades humanas (SANTOS & CURY, 2011). Na África é usada como verdura, nas Filipinas na fabricação de uma bebida, também usada como forrageira e como planta medicinal para curar várias moléstias. Entretanto, em mais de 40 países causa as mais sérias infestações nas culturas, atingindo principalmente a soja (KISSMANN & GROTH, 1999).

2.3. PLANTAS DE COBERTURA

2.3.1. Plantio direto

Desde o início da década de 80 do século passado, tem aumentando o interesse no uso das plantas de cobertura. Quando morrem, elas adicionam matéria orgânica ao solo, incorporando-se a ele. Essas plantas, utilizadas para cobrir e, assim, proteger o solo no sistema plantio direto, apresentam também como vantagens a interceptação das gotas de chuva, evitando a destruição de agregados presentes na superfície, promovendo a infiltração de água, diminuindo o escoamento e a erosão (MAGDOFF, 1999).

O sistema de plantio direto para a agricultura familiar é um sistema prático e econômico, pois dispensa o uso de herbicidas e a mecanização agrícola, além de aumentar a produção. Esse sistema recupera e

melhora as propriedades físicas do solo reestruturando-o, diminuindo a compactação e aumentando a porosidade, aeração, permeabilidade e drenagem. Assim, eleva-se a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, visto que o sistema radicular pode se desenvolver melhor (LOPES & ALVES, 2005)

O plantio direto é um método de plantio que não envolve nenhuma preparação do solo e utiliza a resteva dos resíduos culturais para o controle da erosão (MONEGAT, 1991). A presença da palha é fundamental para o sucesso do plantio direto, além dos importantes efeitos na conservação e manutenção da umidade do solo e supressão das plantas espontâneas, criando um ambiente favorável ao crescimento vegetal (ALVARENGA et al. 2006).

2.3.2 Supressão de plantas espontâneas por plantas de cobertura

Os resíduos de plantas na superfície do solo podem interferir no aparecimento de outras espécies. Plantas de cobertura são utilizadas para suprimir a emergência de plantas espontâneas, que diminuem conforme o aumento de cobertura do solo (TEASDALE & MOHLER, 2000). As culturas de coberturas são preferencialmente colhidas antes da produção de sementes das espontâneas, diminuindo o banco de sementes do solo (MAXWELL & O'DONOVAN, 2007). A decomposição da fitomassa das plantas de cobertura e a exsudação radicular liberam compostos alelopáticos que vão exercer efeito inibitório na germinação das sementes e no seu desenvolvimento (ALVARENGA et al., 2006).

Os efeitos da cobertura morta sobre as plantas espontâneas devem ser analisados sob três aspectos distintos – físico, químico e biológico – embora haja interações entre eles (ALVES & PITELLI, 2001). O efeito físico atua na regulação da germinação e taxa de sobrevivência das plântulas de algumas espécies; o efeito biológico relaciona-se à criação de condições para a instalação de uma densa e diversificada microbiocenose na camada superficial do solo; e o efeito químico, refere-se à relação alelopática entre a cobertura morta e as plantas espontâneas presentes na área (ALVES & PITELLI, 2001).

A *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Canavalia ensiformis* (L.) DC. utilizadas como plantas de cobertura, foram as espécies que mais produziram biomassa, sendo *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland a planta que melhor cobriu o solo e inibiu o crescimento das plantas espontâneas pelo seu efeito físico e também alelopático

(FAVERO et al., 2001). No meio ambiente é difícil separar o efeito físico do alelopático (MENNAN et al., 2009).

2.3.3. Manejo de plantas de cobertura

O manejo das plantas de cobertura é um processo de desenvolvimento dessas plantas, onde sua interrupção visa o uso de seus resíduos para integrar a palha da superfície do solo (ALVARENGA et al. 2006). Atualmente esta prática é amplamente realizada pelos agricultores das regiões Sul e Sudeste do Brasil, contribuindo para a sustentabilidade dos agroecossistemas (CALEGARI, 1995; LOPES & ALVES, 2005).

A qualidade e a quantidade da palha no solo dependem do tipo de espécie de cobertura vegetal e do manejo adotado. Devem-se selecionar aquelas que melhor se adequam ao ambiente local, que produzam boa quantidade de fitomassa em pouco tempo. A(s) planta(s) de cobertura deve(m) ser rolada(s) antes da produção de sementes, e não deve ser picada demasiadamente, para prolongar sua degradação (ALVARENGA et al.; 2006).

A associação de diferentes espécies de plantas de cobertura do solo é recomendável e benéfica em determinadas situações, exemplificando citando o uso de plantas de decomposição muito rápida, como *Lupinus* spp. (Fabaceae) (tremoços), espécies da família Fabaceae conhecidas popularmente como favas, *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae) (nabo forrageiro), etc, associando espécies de decomposição mais lenta, como *Avena* spp. (Poaceae) (aveia) *Secale cereale* L. (Poaceae) (centeio) (MONEGAT, 1991). O tempo que a palha permanece sobre o solo é controlada pela relação C:N dos resíduos vegetais e também do manejo que lhe é dado (ALVARENGA et al.; 2006). A inclusão de plantas de cobertura na rotação de culturas pode marcadamente diminuir populações de plantas espontâneas ao longo do tempo (MAXWELL & O'DONOVAN, 2007).

O manejo fitossanitário sugere a rotação de culturas para a recuperação de áreas infestadas por plantas espontâneas. A cobertura do solo pode ser feita com adubos verdes ou forrageiras e também culturas de interesse econômico como *Zea mays* L. (Poaceae) (milho), *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (feijão) e *Solanum tuberosum* L. (Solanaceae) (batata) (ALVARENGA et al., 2006).

A adubação verde é muito utilizada pelos produtores brasileiros pelas clássicas vantagens já citadas, mas o potencial delas no controle de plantas espontâneas, por efeitos alelopáticos, é pouco conhecido, sendo

necessários conhecimentos específicos dessas relações alelopáticas para auxiliar no planejamento de ações (TEIXEIRA et al., 2004).

Duas plantas muito utilizadas com adubos verdes de verão são a *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (sinonímia *Stilozobium aterrimum*) (Fabaceae), conhecida popularmente como mucuna-preta e *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae), chamada feijão-de-porco. Diversos trabalhos foram realizados testando seu potencial contra emergência de plantas espontâneas, e os resultados foram satisfatórios.

2.3.4. *Canavalia ensiformis* (L.) DC.

É bastante cultivada em regiões quentes, com clima tropical e subtropical, sendo encontrada em sua forma silvestre nas Antilhas e zonas tropicais africanas e asiáticas. Adapta-se a solos argilosos e também arenosos, incluindo os que têm baixos teores de fósforo (CALEGARI, 1995).

Canavalia ensiformis (L.) DC. (Fabaceae) (feijão-de-porco) é uma planta arbustiva de ciclo vegetativo anual. Embora sua forma de crescimento seja rasteira ou trepadora, as plantas podem atingir até um metro de altura. Sua principal forma de utilização é para incorporação como adubação verde (CAVALCANTI, 2011).

Possui folhas alternadas trifolioladas, com folíolos grandes em forma elíptica oval, de cor verde escura brilhante e nervuras salientes. A inflorescência são flores grandes e corola de cor violeta ou roxa, tem vagem achatada, larga e comprida, que contém de 4 a 18 sementes brancas (CALEGARI, 1995).

Utilizada como adubo verde para suprimir plantas espontâneas em lavoura com *Lactuca sativa* L. e *Brassica oleracea* var. Capitata L. (Brassicaceae) (repolho), *Canavalia ensiformis* (L.) DC. destacou-se no controle de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) (tiririca) (FONTANÉTTI et al., 2004). Em outro trabalho, *C. ensiformis*, e também *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, foram as culturas mais promissoras para o cultivo *Serjania marginata* Casar (Sapindaceae) (cipó-uva), melhorando a produção de biomassa e provavelmente a economia de N (TABALDI et al., 2012). Testando o extrato de *C. ensiformis*, foi ele que mais prejudicou o sistema radicular de *Phaseolus vulgaris* L. (COSTA et al., 1996).

Procurando substâncias químicas na espécie *C. ensiformis*, o extrato hidroalcoólico 70% (água+etanol) foi estudado, e nele identificados, com resultado fortemente positivo, agliconas esteroides ou triterpenóides. Taninos condensados e catéquicos, flavonóis e

flavanonas, esteróides livres e saponinas também foram identificados e os resultados foram médio/positivos. Fracamente positivo foi o resultado encontrado para flavanonóis (COSTA et al., 1995). Todos esses compostos são supostamente provedores de efeitos alelopáticos (SOUZA et al., 1999).

2.3.5. *Mucuna aterrima* (sin. *Stilozobium aterrimum*) (Piper & Tracy) Holland

Pertencente à família Fabaceae é uma planta anual, robusta, de hábito rasteiro e crescimento indeterminado. Possui ramos trepadores, folhas trifolioladas, com folíolos membranosos e grandes. A inflorescência tem muitas flores violetas ou brancas, vagem alargada com 3 a 6 sementes globosas ou elípticas, compridas, duras e pretas com hilo branco (CALEGARI, 1995).

A espécie tem rápido crescimento em condições favoráveis, sendo de clima tropical e subtropical, e bom nível de fertilidade do solo, cobrindo-o eficientemente. Além de ser utilizada na adubação verde, é também empregada como forragem, e seus grãos triturados servem como suplemento protéico aos animais (CALEGARI, 1995).

Favero et al. (2001) observaram o maior potencial de cobertura do solo e supressão de plantas espontâneas pela *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland do que por outras leguminosas em estudo. Também em campo, Erasmo et al. (2004) concluíram que as espécies *M. aterrima* e *Mucuna pruriens* (L.) D. C. controlaram o número de plantas espontâneas avaliadas melhor ao longo dos 60 dias após a brotação, do que as outras plantas testadas, que apresentaram maior interferência apenas após 45 dias. Em relação ao extrato da planta, o efeito inibidor da germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e *Daucus carota* L. (Apiaceae) (cenoura) foi maior quando aplicado extrato de *M. aterrima* (SOUZA et al., 1999).

Estudo fitoquímico sobre o extrato hidroalcoólico a 70% (água+etanol) de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland apresentou resultados fortemente positivos para taninos condensados e catéquicos, esteróides livres e agliconas esteróides. Saponinas obtiveram resultado positivo e flavanonóis resultado considerado médio/positivo. Flavonóis e flavanonas tiveram resultados fracamente positivos (COSTA et al., 1995). Em outro trabalho, ainda foram encontrados fenóis e ácidos fixos fortes, substâncias consideradas com potencial alelopático (SOUZA et al., 1999).

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de extratos metanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae) (feijão-de-porco) e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (sinonímia *Stilozobium aterrimum*) (Fabaceae) (mucuna-preta) sobre a germinação e a emergência de plantas espontâneas das espécies *Rumex obtusifolius* L. (Polygonaceae) (língua-de-vaca), *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae) (serralha) e *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) (picão-preto).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a capacidade de diferentes concentrações de polifenóis no extrato de *C. ensiformis* (L.) DC. e *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland, em afetar a germinação, em laboratório e em casa de vegetação, das plantas espontâneas *R. obtusifolius* L., *S. oleraceus* L. e *B. pilosa* L.;
- Determinar o extrato mais eficaz na inibição das plantas espontâneas *R. obtusifolius* L., *S. oleraceus* L. e *B. pilosa* L., em casa de vegetação;
- Identificar a espontânea mais sensível à aplicação dos extratos com diferentes concentrações de polifenóis.

4. CAPÍTULO I – Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. na germinação e na emergência de plantas espontâneas

4.1 INTRODUÇÃO

O termo alelopatia, criado por Molisch, em 1937, refere-se tanto aos efeitos benéficos quanto prejudiciais de um organismo sobre outro (ALMEIDA, 1988), desencadeados por compostos químicos que recebem diversas denominações, tais como substâncias alelopáticas, fitotoxinas, aleloquímicos ou metabólitos secundários e são metabolizados por todas as plantas, diferindo em qualidade e quantidade, dependendo da espécie, do seu ciclo e do ambiente (PIRES & OLIVEIRA, 2011).

Na última década, houve avanços significativos na compreensão da alelopatia e de seus processos, bem como sobre seu impacto no manejo de plantas espontâneas. Ela é vista hoje como um mecanismo natural de competição das culturas com as plantas espontâneas (BELZ, 2007).

A concentração, a localização e a composição dos aleloquímicos diferem em cada planta, sendo liberados para o solo ou para o ar, de forma ativa ou apenas exsudados (FERREIRA & AQUILA, 2000). Eles agem de forma direta, ligando-se às membranas da planta receptora ou penetrando em suas células, atingindo seu metabolismo (FERREIRA & AQUILA, 2000). Eles podem ainda atuar de modo indireto, alterando propriedades do solo, suas condições nutricionais e modificando a população ou a atividade dos microrganismos (FERREIRA & AQUILA, 2000). Alguns destes compostos foram identificados como aminoácidos, açúcares, compostos fenólicos, polissacarídeos, proteínas, fitoalexinas, fenilpropanóides e flavonóides (JACOBI & FLECK, 2000; WALKER et al., 2003; LÔBO et al., 2008).

Canavalia ensiformis (L.) DC. (Fabaceae) (feijão-de-porco), comumente utilizada como planta de cobertura, é conhecida por suas propriedades alelopáticas, demonstradas em diversos estudos (COSTA et al., 1996; SOUZA FILHO et al., 1997; SOUZA FILHO, 2002; SOUZA FILHO et al., 2010). Utilizada como adubo verde, *C. ensiformis* (L.) DC. e também *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fabaceae) (mucuna-preta) foram eficientes no controle de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) (tiririca), possivelmente pelos seus efeitos alelopáticos (FONTANÉTTI et al., 2004). Por outro lado, o extrato das raízes de *C. ensiformis* (L.) DC. inibiu a germinação e o crescimento inicial de *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz (Solanaceae) (tomate)

(CASTRO et al., 1983), enquanto o extrato aquoso da planta inteira estimulou o crescimento da parte aérea da *C. rotundus* L. e aumentou o índice de velocidade de germinação, causando efeito benéfico à semente (CARVALHO et al., 2002). O contrário foi observado por Erasmo et al. (2011), que verificou que o extrato aquoso de *C. ensiformis* (L.) DC. exerceu efeito negativo sobre a germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de alface *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) (alface americana).

Neste trabalho utilizou-se o extrato metanólico de *C. ensiformis* (L.) DC. sobre espécies de plantas espontâneas comuns em áreas com produção de *Allium cepa* L. (Alliaceae) (cebola) manejadas sob sistema de plantio direto na região do Alto Vale do Itajaí (SC) (VILANOVA, 2011; SOUZA, 2012) e que causam prejuízos aos agricultores, pois reduzem o rendimento (SOARES et al., 2003; ZANATTA et al., 2006), além de gerar custos adicionais para seu manejo convencional, através do uso de herbicidas (AZEVEDO & SEVERINO, 2006). As plantas espontâneas competem com as plantas cultivadas por recursos, como nutrientes minerais, água, luz e espaço, e podem, também, afetá-las alelopaticamente, prejudicando seu desenvolvimento (PITELLI, 1987). Indiretamente, essas plantas podem interferir em práticas culturais e na colheita, e serem hospedeiras de pragas, moléstias, nematóides e parasitas, e ainda causar ao homem alergias e intoxicações alimentares (PITELLI, 1987).

Rumex obtusifolius L. (Polygonaceae) (língua-de-vaca), costuma invadir pastagens, nativas ou plantadas, e também culturas, tendo uma enorme capacidade de regeneração vegetativa (ZALLER, 2004), crescendo mesmo sob inverno rigoroso (MIYAGI et al., 2010), enquanto *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae) (serralha) é encontrada na maior parte do território brasileiro, prejudicando principalmente a horticultura, podendo ser infectada por viroses comuns de plantas cultivadas (KISSMANN & GROTH, 1999). Já *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) (picão-preto) é mais frequente em lavouras das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, representando em mais de 40 países uma das plantas espontâneas que apresenta as mais sérias infestações das culturas (KISSMANN & GROTH, 1999).

Essas espécies espontâneas têm hábitos e ciclos fenológicos distintos, tornando complexo o manejo das áreas em que ocorrem, caso das regiões de cebolicultura de Santa Catarina. Por isso, a importância de estudos que procuram manejar essas plantas de uma maneira mais barata e segura ambientalmente. O objetivo do trabalho foi avaliar se o extrato metanólico de *C. ensiformis* (L.) DC., em diferentes concentrações de

polifenóis, tem efeitos alelopáticos sobre a germinação e o crescimento da parte aérea e radicular de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Obtenção dos extratos

C. ensiformes (L.) DC. foi semeado no mês de fevereiro de 2012, no município de Florianópolis, SC (27° 35' 48"S, longitude: 48° 32' 57"W, altitude: 3 m), em vasos cilíndricos de polietileno com 24 cm de altura e 30 cm de diâmetro, contendo 6 kg de composto de resíduos orgânicos urbanos (sobras e restos de pré-preparo de alimentos, resíduos de podas e de varrição de jardins e cama de roedores).

Aos 72 dias após a semeadura de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., folhas foram retiradas das plantas, reservadas e, posteriormente, secas em estufa com ar forçado a 45°C. Em seguida, elas foram moídas, passadas em peneira com malha de 2 mm e armazenadas em frascos de vidro fechados, no escuro, durante 30 dias. Após esse período, ao material vegetal foi adicionado metanol 80% (1:10, p/v), o qual foi mantido por 48 h sob atmosfera modificada (uma mangueira, conectada ao cilindro de N₂ gasoso, foi mantida dois minutos dentro do frasco (um litro), e depois este fechado, com o objetivo de manutenção de todos os compostos da planta), e ao abrigo da luz. Posteriormente, o extrato foi filtrado a vácuo, centrifugado a 4.000 rpm por 10 minutos e o solvente orgânico foi removido sob vácuo à 40°C. O resíduo foi ressuscitado em 250 mL de água destilada e os extratos armazenados a -80°C até a realização dos ensaios. Foram determinados os teores de compostos polifenólicos totais nos extratos pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON & ROSSI, 1965). Os teores de compostos polifenólicos foram calculados com o auxílio de uma curva padrão externa de ácido gálico – Sigma (10 a 50 mg mL⁻¹, r²= 0,99) e expressos em µg de equivalentes de ácido gálico mL⁻¹ (µgEAG mL⁻¹). Os procedimentos para obtenção dos extratos foram realizados seis vezes ao longo do experimento para suprir a necessidade de rega das plantas espontâneas com extratos. Além de a metodologia utilizada dificultar a fabricação de uma grande quantidade de extrato a cada procedimento, buscou-se preservar os compostos dos extratos.

4.2.2 Experimento 1: Teste de Germinação de espontâneas

As sementes das espécies de espontâneas *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L. foram coletadas na Estação Experimental da EPAGRI de Campos Novos (27°40'19"S, 51°22'57"W), no período de janeiro a abril de 2012, e foram armazenadas em vidros hermeticamente fechados a 8° C. As sementes foram desinfetadas com imersão de 2 minutos em hipoclorito de sódio e água (de 2 a 2,5% p/p (massa de soluto presente em 100 g de solução)), seguidos de 3 enxágues com água destilada. O teste de germinação foi realizado no mês de julho de 2012, no Laboratório de Sementes da UFSC, em câmara de germinação com controle de luminosidade (12 horas claro/escuro) e temperatura de 25°C±1° C, com duração de 15 dias. Cinquenta sementes de cada espécie foram colocadas em caixas de acrílico, do tipo Gerbox, forradas com papel de germinação embebido com as seguintes concentrações de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC.: 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µgEAG mL⁻¹. Para efeitos de comparação, água destilada foi utilizada como controle negativo, na razão de 2,5 vezes o peso do papel filtro (FRANÇA et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2004). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (água; e as concentrações de polifenóis no extrato: 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µgEAG mL⁻¹) e quatro repetições. Durante o teste de germinação foram realizadas observações diárias, sendo que o extrato e/ou a água foram repostos em 50% do volume inicial (TEIXEIRA et al., 2004) oito dias após o início do teste, em todas as caixas Gerbox, conforme a necessidade hídrica. Foram consideradas germinadas as sementes que possuíram radícula igual ou superior a um milímetro (AQUILA, 2000). As variáveis avaliadas foram percentagem de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação (IVGL), segundo equação de Maguire (1962):

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

onde G_i representa o número de sementes germinadas no dia i , e N_i representam o número de dias decorridos até a avaliação G_i .

4.2.3 Experimento 2: Emergência de plântulas

O solo utilizado foi coletado no município de Ituporanga (SC), em área com três anos de plantio direto de cebola, e classificado como

Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2006). O solo foi seco à temperatura ambiente durante uma semana, depois foi passado em peneira com malha de 2 mm e armazenado em vasos cilíndricos de polietileno com 20 centímetros de altura e 10 centímetros de diâmetro contendo 1,8 kg. Para cada espécie de espontânea foram semeadas manualmente 50 sementes por vaso, utilizando-se 50 g de solo para cobrir as sementes.

O delineamento experimental adotado foi: três espécies de plantas espontâneas (*Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L., *Bidens pilosa* L.), cinco tratamentos (água, concentrações de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) e quatro repetições (vasos) por tratamento. O extrato de *C. ensiformis* (L.) DC. foi aplicado sobre os vasos (20 mL), a cada dois dias, e água destilada sobre as plantas testemunhas (controle negativo). Durante o experimento a capacidade de campo foi mantida a 60%. Para isso, a cada dois dias foram realizadas pesagens dos vasos. O experimento ficou em casa de vegetação durante 34 dias.

Foram avaliadas a percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV), calculada a partir das contagens de germinação a cada dois dias; a altura das cinco primeiras plantas emergidas a cada oito dias, realizada com o auxílio de palito de madeira e régua com 30 cm de comprimento. Ao final do experimento, os vasos foram virados, e cuidadosamente o solo foi desprendido das raízes das cinco plantas avaliadas, e as raízes e a parte aérea foram separadas. A parte aérea foi armazenada em sacos de papel, e estes colocados em estufa de ventilação forçada a 45° C até peso constante, e a sua matéria seca (MSPA) foi determinada. As raízes foram armazenadas em frascos com etanol 50% para posterior avaliação do seu comprimento final (COMPR), volume (VOLR) e diâmetro (DIAR) em equipamento scanner com o software Winrhizo (BOUMA et al., 2000). Em seguida, as raízes foram secas em estufa de ventilação forçada a 45° C até peso constante, e a sua matéria seca (MSR) foi determinada.

4.2.4 Análises Estatísticas

A normalidade dos dados foi testada pelo método de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que apresentaram normalidade foram os das variáveis VOLR de *Rumex obtusifolius* L., MSPA de *Bidens pilosa* L. e *R. obtusifolius* L., IVGL de *R. obtusifolius* L. e *Sonchus oleraceus* L., GERCV de *S. oleraceus* L., GERL de *B. pilosa* L. e de *S. oleraceus* L. e COMPR de *B. pilosa* L.. Já os dados de percentagem de ger-

minação final em laboratório (GERL), índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV), comprimento de raiz (COMPR), volume de raiz (VOLR), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca de parte aérea (MSPA) foram transformados conforme a tabela 1.

Tabela 1: Fórmulas e variáveis que os dados foram transformados para atingir normalidade.

Fórmula	Variável	Referência
Log (x)	IVGL: <i>Bidens pilosa</i> L. GERL: <i>Rumex obtusifolius</i> L. COMPR: <i>Rumex obtusifolius</i> L.	
Log (x+1)	IVGL: <i>Rumex obtusifolius</i> L.	CARVALHO et al., 2002.
$\sqrt{(x+0,5)}$	MSR: <i>Sonchus oleraceus</i> L.	TOKURA & NÓ-BREGA, 2006.
x^2	VOL: <i>Sonchus oleraceus</i> L. COMPR: <i>Sonchus oleraceus</i> L.	UFMA.
x^3	MSR: <i>Rumex obtusifolius</i> L. GERCV: <i>Rumex obtusifolius</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L.	UFMA.
Asen(raiz(x/100))	VOLR: <i>Bidens pilosa</i> L. MSR: <i>Bidens pilosa</i> L. MSPA: <i>Sonchus oleraceus</i> L.	MORAES, et al., 2012.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeitos significativos, foi utilizado o teste de comparação de médias Scott Knott ($p < 0,05$). Para a avaliação do efeito das diferentes concentrações de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e água sobre altura das plantas espontâneas em função do tempo utilizou-se o desvio padrão para comparar os dados. Para as classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz, utilizou-se o DMS (diferença mínima significativa), calculada através do teste de Tukey com 5% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas

As diferentes concentrações de polifenóis no extrato metanólico de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. interferiram na germinação das sementes das três espécies estudadas (Tab. 1). *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L. apresentaram germinação reduzida em todas as concentrações testadas em relação ao controle. No entanto, a GERL (percentagem de germinação final em laboratório) das sementes de *R. obtusifolius* L. não diferiu em função das concentrações de polifenóis testadas, ou seja, não foi dose-dependente. Neste caso, a redução variou de 39 a 42 % para as concentrações de polifenóis em relação ao controle. Da mesma forma, o efeito sobre a GERL de *B. pilosa* L. não foi dose-dependente, com reduções de 42 e 49% nas concentrações de 0,2 e 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, respectivamente. Já a GERL das sementes de *Sonchus oleraceus* L. foi afetada somente pela maior concentração de polifenóis no extrato de *C. ensiformis* (L.) DC. (0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$), apresentando redução de 12 % em relação ao tratamento controle.

Tabela 2 - Percentual de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 μg de equivalentes de ácido gálico mL^{-1} .

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato ($\mu\text{gEAG mL}^{-1}$)	GERL (%)			IVGL (índice)		
	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>pilosa</i>	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>Pilosa</i>
0 (H_2O)	24,0 a	82,0 a	58,5 a	3,8 a	7,1 a	13,4 a
0,01	14,7 b	81,3 a	46,7 b	1,4 b	5,4 c	4,4 b
0,05	13,3 b	78,0 a	30,0 c	1,3 b	4,9 c	2,4 c
0,1	15,3 b	80,7 a	50,7 b	1,3 b	5,9 b	4,9 b
0,2	14,0 b	72,0 b	34,0 c	1,2 b	4,3 d	2,6 c

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A inibição da germinação das sementes corrobora com os resultados encontrados por Costa et al. (1996), que a partir da concentração 30% de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., obtiveram redução da germinação de *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (feijão). Souza Filho

(2002) ao testar extrato hidroalcoólico de sementes, folhas e raízes de *C. ensiformis* (L.) DC., também obteve redução da germinação das sementes de quatro espécies de plantas espontâneas. As espécies *Mimosa pudica* L. (Fabaceae) e *Urena lobata* L. (Malvaceae) apresentaram inibição crescente da germinação com o aumento da concentração de extrato. Com o extrato bruto, apenas de sementes, as espécies *M. pudica* L., *U. lobata* L., *Senna obtusifolia* (L.) H. Irwin e Barneby (Fabaceae) e *Senna occidentalis* (L.) Link (Fabaceae) também apresentaram redução na germinação das sementes com o aumento das concentrações. A maior ou menor inibição da germinação é dependente da atividade metabólica do aleloquímico, da sua concentração e também da sensibilidade da espécie receptora, ressaltando que a inibição não é constante (SOUZA FILHO, 2002).

Em relação ao IVGL (índice de velocidade de germinação em laboratório) das sementes de *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens Pilosa* L., o mesmo apresentou valores coerentes com os resultados da GERL. As sementes de *R. obtusifolius* L. apresentaram menor IVGL em todos os tratamentos, comparados ao controle, enquanto *B. pilosa* L., que também sofreu impacto de todas as concentrações, apresentou reduções mais acentuadas nas concentrações de polifenóis 0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$. Como já mencionado, os valores de GERL de *Sonchus oleraceus* L. só foram alterados na maior concentração, entretanto, o IVGL apresentou reduções em todas as concentrações em relação ao controle. Esses resultados diferem dos resultados encontrados por outros pesquisadores que utilizaram extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC.. Erasmo et al. (2011) não encontraram efeitos sobre o IVGL e o comprimento de raiz de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) (alface) ao utilizarem extratos da parte aérea e radicular de *C. ensiformis* (L.) DC.. Já Carvalho et al. (2002) encontraram aumento do IVGL e da massa fresca e matéria seca da parte aérea de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) (tiritica), com o uso de extrato aquoso de *C. ensiformis* (L.) DC.. Portanto, as diferenças entre os estudos podem ser pela maior sensibilidade das espécies *R. obtusifolius* L., *S. oleraceus* L. e *B. pilosa* L. aos aleloquímicos presentes no extrato de *C. ensiformis* (L.) DC. e/ou em função de diferenças metodológicas entre os estudos, tais como o método de extração dos aleloquímicos, as partes da planta utilizadas para a extração, o tempo de condução dos experimentos e as condições, se em laboratório ou em casa de vegetação (SOUZA FILHO et al., 2010).

4.3.2 Experimento 2: Emergência de plântulas

A GERCV (percentagem de germinação em casa de vegetação) das sementes de *Rumex obtusifolius* L. e de *Bidens pilosa* L. não foi afetada pelas diferentes concentrações de polifenóis no extrato (Tab. 3). Os resultados de *R. obtusifolius* L. não foram significativos (Anexo 1.3). Enquanto a GERCV da *R. obtusifolius* L. foi superior àquela do experimento de laboratório, a de *B. pilosa* L. foi de 2,7 a 22,7% menor. A GERCV de *Sonchus oleraceus* L. apresentou diminuição em todas as concentrações em relação ao controle, exceto na de 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$. Comparando a percentagem de germinação das sementes de *S. oleraceus* L. em laboratório com aquela em casa de vegetação, nota-se reduções em casa de vegetação de 52% no controle e 66,6% na concentração 0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$.

Tabela 3 – Percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 μg de equivalentes de ácido gálico mL^{-1} .

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato ($\mu\text{gEAG mL}^{-1}$)	GERCV (%)		
	<i>R. obtusifolius</i>	<i>S. oleraceus</i>	<i>B. pilosa</i>
0 (H_2O)	63,7 a	30,0 a	26,0 a
0,01	57,3 a	14,7 b	40,0 a
0,05	72,7 a	30,7 a	32,7 a
0,1	62,0 a	15,3 b	28,0 a
0,2	64,0 a	20,7 b	30,0 a

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

As condições encontradas no experimento em casa de vegetação, onde se utilizou solo Cambissolo húmico provavelmente influenciaram este resultado, pois a composição do solo tem influência sobre a alelopátia. O solo recebe aleloquímicos advindos da serapilheira, da exsudação das raízes, da lixiviação, e estes são transformados por organismos do solo, e é dessa combinação que as plantas retiram água e nutrientes minerais. De acordo com as substâncias retiradas do solo é que as plantas desenvolvem-se e produzem seus aleloquímicos, que, quando liberados, podem influir sobre a ação dos decompositores do solo (FERREIRA & AQUILA, 2000). Apesar de ter sido demonstrado através de resultados

de bioensaios com extratos que as substâncias alelopáticas podem não persistir por muito tempo sob condições normais, o que comprometeria a inibição do crescimento ou do desenvolvimento de outras plantas, além de que a mobilidade dos aleloquímicos em solo natural pode ser diminuída devido ao tamponamento e imobilização (HIERRO & CAL-LAWAY, 2003), os resultados do presente estudo demonstram efeitos negativos dos extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. na germinação das sementes de *Bidens pilosa* L. e *Sonchus oleraceus* L. em casa de vegetação.

O VOLR (volume de raiz) foi afetado somente pelos extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. na espécie *Sonchus oleraceus* L. (Tab. 4), sendo os resultados obtidos para *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L., não significativos (Anexo 1.5). Verificou-se redução gradual do VOLR com o aumento das concentrações de extrato: os valores entre as menores concentrações (0,01 e 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) e entre as maiores concentração de polifenóis (0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) não diferiram.

Tabela 4 – Comprimento de raiz (COMPR) e volume de raiz (VOLR) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 μg de equivalentes de ácido gálico mL^{-1} .

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato ($\mu\text{gEAG mL}^{-1}$)	COMPR (cm)			VOLR (cm^3)		
	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>
0 (H_2O)	375,6 a	231,6 a	634,3 b	0,6 a	0,3 a	0,9 a
0,01	445,8 a	227,2 a	527,9 b	0,65 a	0,2 b	0,8 a
0,05	431,7 a	216,7 a	656,5 b	0,68 a	0,2 b	0,9 a
0,1	515,0 a	107,0 b	844,5 a	0,65 a	0,1 c	1,0 a
0,2	602,6 a	32,5 b	815,7 a	0,76 a	0,03c	0,9 a

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

Enquanto o COMPR (comprimento de raiz) da *Rumex obtusifolius* L. não foi significativo (Anexo 1.4) pela aplicação de extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., o COMPR de *Sonchus oleraceus* L. foi reduzido nas concentrações de 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, respectivamente, em 54 e 86% em relação ao tratamento controle (Tab. 4). O COMPR de *Bidens pilosa* L. não foi significativo (Anexo 1.4). A intensidade dos resultados variou de acordo com a especificidade das espécies. De modo semelhante, Souza Filho et al. (1997) também encontraram variabilidade

de respostas entre as espécies ao testarem o efeito de extratos de forrageiras tropicais, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. (Poaceae), *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf (Poaceae), *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. cultivar Mineirão (Fabaceae) e *Calopogonium mucunoides* Desv. (Fabaceae) sobre *Desmodium adscendens* (Sw.) DC. (Fabaceae) (desmódio), *Sida rhombifolia* L. (Malvaceae) (guanxuma) e *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae) (assa-peixe). Os extratos das gramíneas inibiram com maior intensidade a germinação e o comprimento da radícula de *D. adscendens* (Sw.) DC., já os extratos de leguminosas proporcionaram maiores reduções de *D. adscendens* (Sw.) DC. e *S. rhombifolia* L.. A espécie *V. polyanthes* Less foi a que demonstrou maior tolerância a ambos os extratos (SOUZA FILHO et al., 1997). O efeito nas raízes de *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz (Solanaceae) (tomate), *Zea mays* L. (Poaceae) (milho) e *Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae) (feijão), quando submetidas aos lixiviados aquosos de *Callicarpa acuminata* Kunth (Verbenaceae) também foram diferenciados. Enquanto o *L. esculentum* Mill. cv. Santa Cruz apresentou redução radicular visível e modificação na expressão de várias proteínas, *Z. mays* L. e *P. vulgaris* L. responderam apenas metabolicamente, aumentando ou diminuindo a atividade das proteínas, mostrando-se mais tolerantes aos efeitos dos extratos. Isso demonstra que cada espécie de planta responde de forma particular ao estresse do mesmo aleloquímico (CRUZ-ORTEGA et al., 2002).

Os efeitos dos aleloquímicos sobre o alongamento radicular têm se mostrado mais efetivos do que sobre a germinação de sementes de plantas espontâneas (SOUZA FILHO et al., 2010; MOURÃO JUNIOR & SOUZA FILHO, 2010), pois é a raiz da planta que é atingida diretamente pelos aleloquímicos quando estes são depositados no solo (GUSMAN et al., 2011). Além disso, na etapa inicial do desenvolvimento das raízes, o efeito nocivo é mais intenso, e colaborando com isso, essa estrutura possui um metabolismo elevado e alta sensibilidade a mudanças ambientais (CRUZ-ORTEGA et al., 1998; CHUNG et al., 2001). Porém, também há estudos que apresentam resultados divergentes, como é o caso de Erasmo et al. (2011), que testaram o efeito de extratos da parte aérea e radicular de quatro espécies de adubos verdes, entre eles *Canavalia ensiformis* (L.) DC., e não encontraram efeitos sobre o comprimento radicular da *Lactuca sativa* L. (alface) (planta teste).

A MSR (matéria seca de raiz) foi afetada pelos tratamentos nas espécies *Rumex obtusifolius* L. e *Sonchus oleraceus* L. (Tab. 5). *R. obtusifolius* L. apresentou valores superiores ao controle nas concentrações de polifenóis 0,01 e 0,05 µgEAG mL⁻¹ e na concentração 0,1 µgEAG

mL⁻¹ igualou-se ao controle. O menor valor de MSR foi encontrado no tratamento com maior concentração de polifenóis no extrato (0,2 µgE-AG mL⁻¹). Já *S. oleraceus* L. apresentou redução da MSR em todas as concentrações testadas em relação ao controle e *Bidens pilosa* L. não apresentou resultados significativos (Anexo 1.6). A MSPA (matéria seca da parte aérea) de *R. obtusifolius* L. e de *S. oleraceus* L. foi reduzida em todas as concentrações de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. em relação ao tratamento controle (Tab. 5), enquanto que para a espécie *B. pilosa* L. o resultado não foi significativo (Anexo 1.7).

Tabela 5 – Matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL⁻¹.

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato (µgEAG mL ⁻¹)	MSR (mg)			MSPA (mg)		
	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>pilosa</i>	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>pilosa</i>
0 (H ₂ O)	11,5 b	4,9 a	15,7 a	153,8 a	71,9 a	127,0 a
0,01	13,5 a	2,3 b	13,1 a	105,0 b	23,8 b	85,5 a
0,05	12,5 a	2,6 b	13,0 a	105,5 b	40,6 b	90,9 a
0,1	10,3 b	1,3 b	14,8 a	78,0 b	21,9 b	112,1 a
0,2	1,8 c	2,9 b	15,4 a	95,7 b	31,7 b	93,7 a

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

O aumento da área foliar ocorre durante a fase de estabelecimento inicial da planta, e declina nas próximas etapas do desenvolvimento, aonde a maior produção metabólica vai se concentrar em outros órgãos, os reprodutivos (CUESTA et al., 1995), mas devido à ação dos extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., este processo foi prejudicado nas espécies de *Rumex obtusifolius* L. e *Sonchus oleraceus* L.

A maior parte do peso seco da planta (90%) se origina da fixação de produtos decorrentes da fotossíntese (POORTER et al., 1990), portanto ao prejudicar este processo, diminui-se a matéria seca da planta. Silveira et al. (2010) também observaram redução da matéria seca e massa fresca de raízes e da parte aérea de plântulas de *Cyperus rotundus* L., além do percentual de emergência, índice de velocidade de emergência e comprimento total de planta, ao testarem alguns extratos de plantas. Eles utilizaram *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) (ale-

crim-pimenta), *Canavalia ensiformis* (L.) DC., *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (mucuna-preta), *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae) (capim-limão), água e o herbicida atrazina e verificaram que o extrato de *L. sidoides* Cham. induziu às maiores reduções dessas variáveis, seguido do herbicida atrazina (SILVEIRA et al., 2010). Além destes tratamentos, o extrato de *C. ensiformis* (L.) DC. e a água foram os que mais diminuíram a massa seca e fresca das raízes. *C. rotundus* L. também teve sua percentagem de brotação de tubérculos, peso e altura prejudicados quando tratada com extrato do caule, flores e folhas de *C. ensiformis* (L.) DC. (MAGALHÃES, 1964). A biomassa de *C. ensiformis* (L.) DC., incorporando ao solo, proporcionou redução da matéria seca da parte aérea e radicular de plântulas de *Lactuca sativa* L. e de *Digitaria horizontalis* Willd. (milhã) (ERASMO et al., 2011).

Os pesos finais das plantas são determinados pela variação no peso das sementes (reserva para a germinação), o tempo de germinação (dependente da reserva nutritiva da semente), o tipo de crescimento, lento ou rápido, e a oscilação diária de carbono na planta (POORTER et al., 1990), estes dois últimos fatores, é que podem ter seu funcionamento comprometido quando em contato com aleloquímicos. Mas a resposta da planta também pode ser de estímulo, como no experimento de Carvalho et al. (2002), que trabalhando com extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., verificaram aumento na produção de massa verde e de matéria seca da parte aérea de *Cyperus rotundus* L..

O crescimento da parte aérea das plantas espontâneas apresentou comportamento quadrático (Fig. 1, 2 e 3). A altura de *Rumex obtusifolius* L. foi pouco influenciada pelas concentrações de extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fig. 1). A concentração 0,01 µgEAG mL⁻¹ diferiu do controle apenas no 43º dia, diminuindo a altura, entretanto no mesmo dia, a concentração 0,05 µgEAG mL⁻¹ estimulou o crescimento, como também no 35º dia. A concentração 0,1 µgEAG mL⁻¹ alternou dias de inibição (11º) e dias de estímulo (27º e 35º). A maior concentração 0,2 µgEAG mL⁻¹ apresentou diferença estatística em relação ao controle apenas no 27º dia, inibindo o crescimento da espécie.

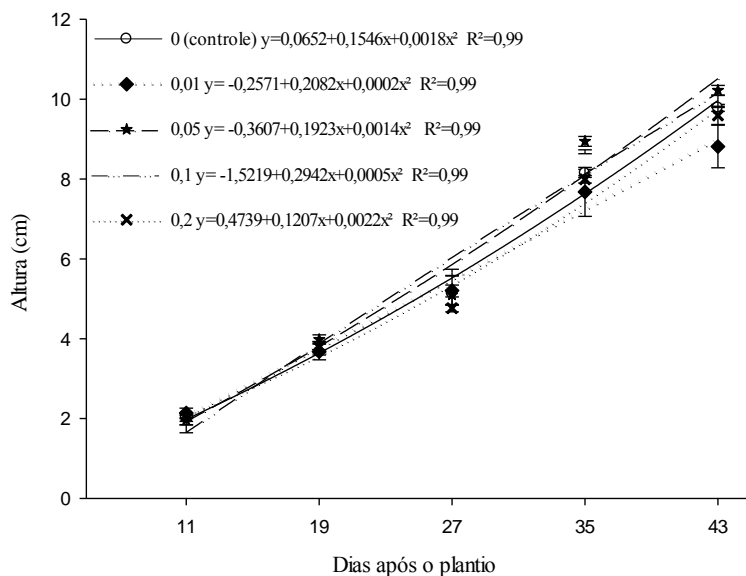


Figura 2 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ nos extratos metanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de *Rumex obtusifolius* L.

A espécie *Sonchus oleraceus* L. foi a mais atingida negativamente em altura, pela ação dos extratos (Fig. 2). As concentrações 0,01 e 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiram do controle em todos os dias avaliados, inibindo o crescimento aéreo. Já as concentrações 0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiram do controle em apenas um único dia, no 27º dia e no 43º dia, respectivamente, também causando inibição.

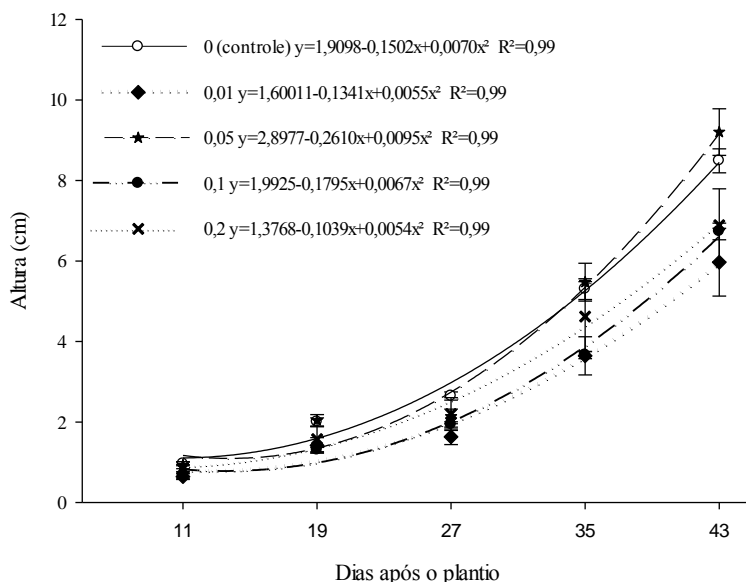


Figura 3 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ nos extratos metanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de *Sonchus oleraceus* L.

Bidens pilosa L. também apresentou estímulos na altura das plantas (Fig. 3). No 11º dia as concentrações 0,01, 0,05 e 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiram do controle, estimulando o crescimento. No 19º dia, a concentração 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiu do controle inibindo e as 0,01 e 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, estimulando. Apenas a concentração 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiu do controle no 27º dia, prejudicando a planta. No 35º dia as concentrações 0,01 e 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ estimularam o desenvolvimento, enquanto as demais (0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) igualaram-se ao controle. No último dia avaliado (43º) a concentração que diferiu do controle foi a 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, estimulando o crescimento da parte aérea.

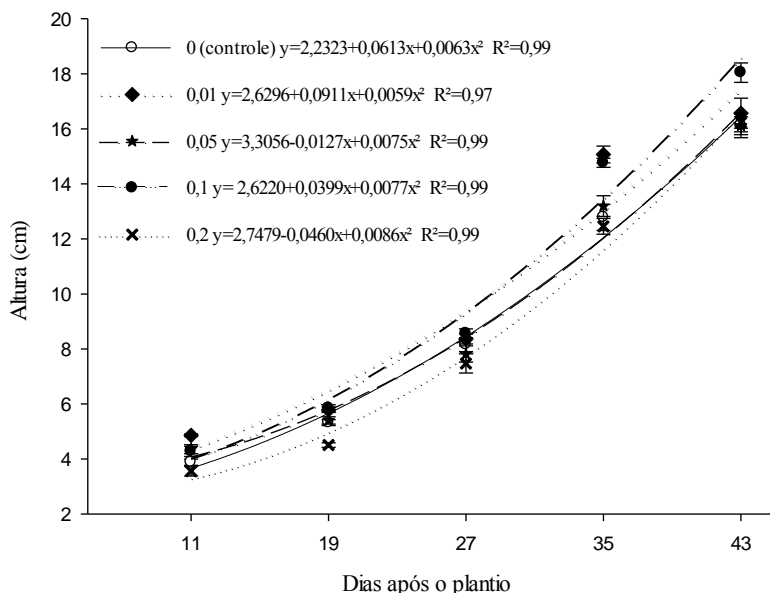


Figura 4 - Efeito das concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ nos extratos metanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e água sobre a altura da parte aérea de *Bidens pilosa* L.

Os efeitos dos extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. sobre a altura das plantas apresentaram respostas diversas (Fig. 1, 2 e 3), onde *Bidens pilosa* L. demonstrou tendência de aumento, *Rumex obtusifolius* L. alternou em algumas datas diminuição e em outras aumento da altura em relação ao controle, e *Sonchus oleraceus* L. novamente foi a espécie mais prejudicada. Moraes et al. (2012) avaliaram o desenvolvimento da altura de *Bidens pilosa* L., em caixas gerbox, e verificaram efeitos negativos da aplicação de extratos aquosos da parte aérea de *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae) (nabo forrageiro), de *Lolium multiflorum* Lam. (Poaceae) (azevém), e de forma mais pronunciada, de *Trifolium vesiculosum* Savi (Fabaceae) (trevo-vesiculoso), mas não encontraram efeitos dos extratos de *Brassica napus* L. (Brassicaceae) (canola). Quando testaram extratos das plantas inteiras, *B. napus* L. causou efeitos severos, e *R. sativus* L. e *T. vesiculosum* Savi não apresentaram efeitos significativos. Silveira et al. (2010) verificaram que o extrato de *Lippia sidoides* Cham. teve o maior efeito de redução no comprimento total das plântu-

las de *Cyperus rotundus* L., superando a eficiência da atrazina, herbicida também testado. As plântulas de *C. rotundus* L. apresentaram maior comprimento quando submetidas aos extratos de *C. ensiformis* (L.) DC., *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. em comparação com as plântulas submetidas ao tratamento com atrazina, *L. sidoides* Cham. e água destilada. As diferenças no crescimento relativo das plantas pode decorrer de variações genéticas e do ambiente, e também de mudanças no estado de desenvolvimento das plantas (CUESTA et al., 1995), nesse caso, desencadeadas pela ação dos extratos de *C. ensiformis* (L.) DC..

A análise das classes de DIAR (diâmetro) de raiz ainda é uma variável pouco estudada, devido à complexidade do funcionamento das raízes. O predomínio da ação dos extratos foi na classe de DIAR até 0,5 mm, provavelmente isso se deve ao fato dessas raízes mais novas e finas, serem mais sensíveis às mudanças ambientais, visto que as mais velhas e consequentemente mais grossas, já se encontram melhor estabelecidas e com maior potencial de defesa.

Para *Rumex obtusifolius* L. houve estímulo desta classe de DIAR pela concentração de extrato $0,1 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ em relação ao controle (Fig. 4), ao passo que para *Sonchus oleraceus* L. o comportamento foi inverso nas concentrações $0,01$; $0,1 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ e $0,2 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ (Fig. 5). *Bidens pilosa* L. apresentou redução da classe de raízes com 0,5 mm e aumento na concentração $0,2 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ (Fig. 6) em relação ao controle.

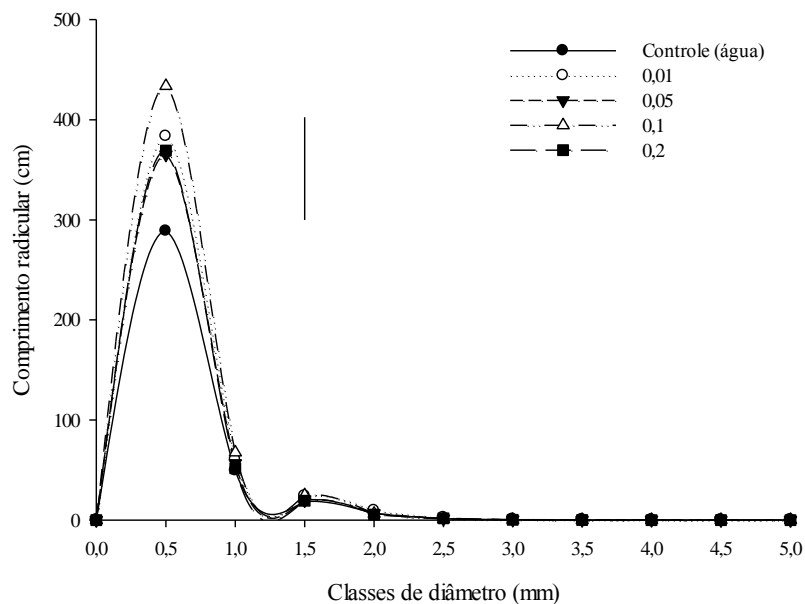


Figura 5 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Ru-mex obtusifolius* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

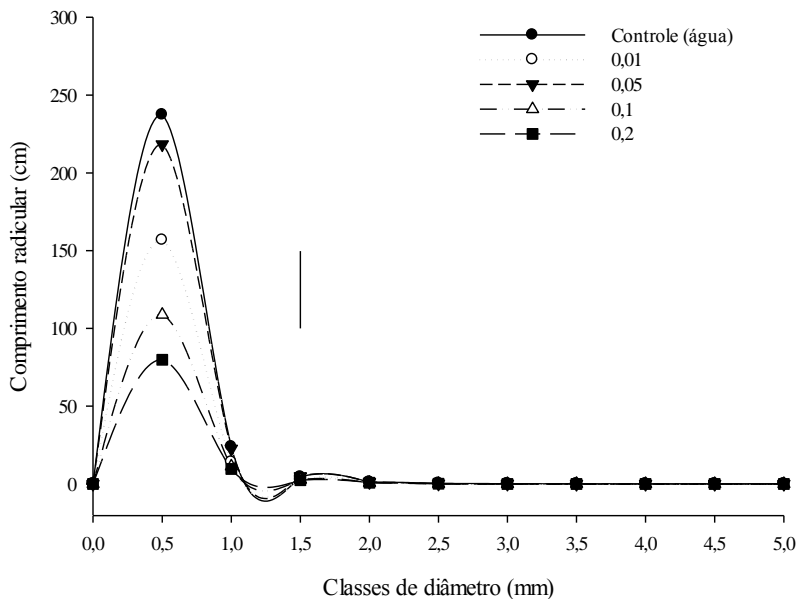


Figura 6 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Sonchus oleraceus* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

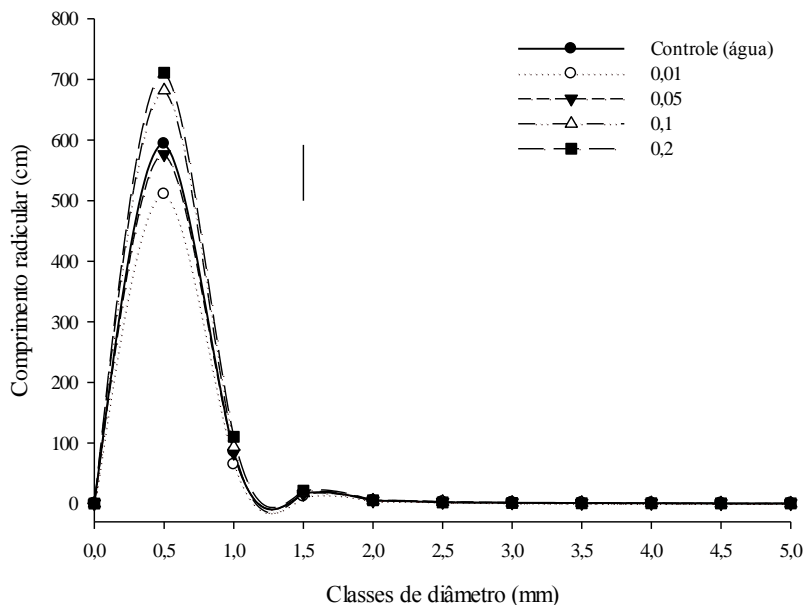


Figura 7 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Bidens pilosa* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

O tamanho das raízes diminui quando estas estão em competição com outras, quando há diminuição de água e nutrientes ou ainda quando aleloquímicos são liberados das raízes, folhas ou do processo de decomposição (KRAMER & BOYER, 1995).

O DIAR de raiz da espécie *Sonchus oleraceus* L., acompanhou o efeito negativo observado em outras variáveis. Entretanto, *Rumex obtusifolius* L. diferiu do controle na concentração de extrato 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ à qual estimulou as raízes. O mesmo aconteceu com uma concentração em *Bidens pilosa* L. (0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$), enquanto outra reduzia o DIAR desta espécie (0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$). Semelhantemente, no experimento de Zobel et al. (2007), também houve diferenças no alongamento e DIAR de raízes finas de várias espécies de plantas quando da aplicação de concentrações de alguns nutrientes.

O extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. foi testado com o intuito de avaliar o seu potencial aleloquímico. Dentre os vários compostos da planta, escolheu-se estudar os compostos fenólicos devido às cita-

ções na literatura que demonstram sua capacidade inibidora de germinação de sementes (MAZZAFERA, 2003; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; TOKUHISA et al., 2007). Devido à utilização de plantas de *C. ensiformis* (L.) DC., como planta de cobertura, na região do Alto Vale do Itajaí, procurou-se saber seu efeito alelopático sobre as plantas espontâneas dessa região.

A variabilidade de compostos alelopáticos e a diversa susceptibilidade das espécies vegetais explicam porque umas espécies foram beneficiadas e outras prejudicadas pelos extratos (ALMEIDA, 1988). A atividade biológica depende tanto da concentração utilizada como da resposta da espécie receptora. Fatores que envolvem a espécie doadora e a fonte do extrato também contribuem para o resultado negativo ou positivo (MOURÃO JUNIOR & SOUZA FILHO, 2010). Novos estudos devem ser realizados a fim de se buscar metodologia e concentração ideal para o uso futuro de bioextratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., visto que este demonstra potencialidades alelopáticas.

4.4 CONCLUSÕES

Sonchus oleraceus L. apresentou a maior inibição em função do extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC., tanto em laboratório quanto em casa de vegetação, em todas as variáveis analisadas, enquanto *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L. foram prejudicados em algumas análises em laboratório (GERL e IVGL). Entretanto, em casa de vegetação apenas a *R. obtusifolius* L., nas variáveis MSR e MSPA, apresentou resultados negativos com a ação dos extratos e *B. pilosa* L. foi estimulada no DIAR das raízes e na altura da planta pela maior concentração.

5. CAPÍTULO II – Aplicação de compostos polifenólicos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas

5.1. INTRODUÇÃO

A alelopatia é definida como a interferência de uma planta no crescimento de outra pela liberação de substâncias alelopáticas no ambiente (RICE, 1984). Em termos agronômicos, é considerada a interação entre uma cultura de interesse e plantas espontâneas (BELZ, 2007). Já o termo plantas daninhas, ou espontâneas, como será utilizado no presente trabalho, se refere a qualquer planta que se desenvolva no ambiente onde não é desejada (AZEVEDO & SEVERINO, 2006). Essas plantas interferem quantitativa e qualitativamente na produtividade das culturas agrícolas, encarecem as práticas culturais, favorecem o surgimento de pragas e de doenças, além de causarem inúmeros prejuízos indiretos (ALVES & PITELLI, 2001). As culturas com potencial alelopático podem ser manejadas para o controle de plantas espontâneas e também de doenças em plantas, assim aumentando a produtividade (PIRES & OLIVEIRA, 2011).

As substâncias alelopáticas, ou aleloquímicos, interferem na conservação, dormência e germinação das sementes, crescimento das plântulas e vigor vegetativo das plantas adultas, por atuarem nas funções vitais como a respiração, a fotossíntese, a divisão celular, a nutrição e a reprodução (ALMEIDA, 1988). Os aleloquímicos são liberados no ambiente pela exsudação das raízes, decomposição de resíduos, lixiviação foliar e volatilização, de acordo com as especificidades dos ambientes e das espécies vegetais (INDERJIT & CALLAWAY, 2003).

A *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fabaceae) (mucuna-preta), uma planta de clima tropical e subtropical, utilizada como adubo verde e/ou como forragem e suplemento proteico aos animais é citada por seus efeitos alelopáticos. Monquero et al. (2009) utilizaram *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland como adubo verde em diferentes sistemas de manejo do solo e observaram a redução da emergência de *Ipomea grandifolia* (Dammer) O'Donnell (Convolvulaceae) (corda-de-violão) nas diferentes situações. Já Queiroz et al. (2010) utilizaram plantas de cobertura da família das leguminosas e observaram uma diminuição na matéria seca das plantas espontâneas *Commelina benghalensis* L. (Commelinaceae) (trapoeraba) e *Leonotis nepetaefolia* (L.) R. Br. (Lamiaceae) (cordão-de-frade) no tratamento com *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland. Os autores atribuíram o resultado ao efeito físico da

elevada produção de matéria seca e ao efeito químico ou alelopático dos compostos lixiviados da fitomassa. Em outro trabalho, o extrato aquoso de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland reduziu o crescimento, estabilizou a propagação de tubérculos e resultou em baixo índice de velocidade de emergência de *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) (tiririca) (CARVALHO et al., 2002). O presente trabalho objetivou avaliar o efeito de concentrações de extrato metanólico de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland sobre a germinação e o crescimento da parte aérea e radicular de *Rumex obtusifolius* L. (Polygonaceae) (língua-de-vaca), *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae) (serralha) e *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) (picão-preto).

5.1. MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1. Obtenção dos extratos

A *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland foi semeada em um Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2006) na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), no município de Ituporanga (SC) (27°24' 52"S, 49° 36' 9"W, altitude: 475 m). O clima da região é subtropical e a precipitação média anual está entre 1.300 e 1.550 mm.

Aos 129 dias após a semeadura de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (08/11/11), folhas foram retiradas das plantas, reservadas e, posteriormente, secas em estufa com ar forçado a 45° C. Em seguida, elas foram moídas, passadas em peneira com malha de 2 mm e armazenadas em frascos de vidro fechados, no escuro, durante 30 dias. Ao material vegetal foi adicionado metanol 80% (1:10, p/v), o qual foi mantido por 48 h, sob atmosfera modificada (uma mangueira, conectada ao cilindro de N₂ gasoso, foi mantida dois minutos dentro do frasco (um litro) e depois este fechado, com o objetivo de manutenção de todos os compostos da planta), e ao abrigo da luz. Após esse período, o extrato foi filtrado a vácuo, centrifugado a 4000 rpm por 10 minutos e o solvente orgânico foi removido sob vácuo à 40° C. O resíduo foi resuspendido em 250 mL de água destilada e os extratos armazenados a -80° C até a realização dos ensaios. Foram determinados os teores de compostos polifenólicos totais nos extratos pelo método de Folin-Ciocalteu (SINGLETON & ROSSI, 1965). Os teores foram calculados com o auxílio de uma curva padrão externa de ácido gálico – Sigma (10 a 50 mg mL⁻¹, r²= 0,99) e expressos em µg de equivalentes de ácido gálico mL⁻¹ (µgE-AG mL⁻¹). Os procedimentos para obtenção dos extratos foram realiza-

dos seis vezes ao longo do experimento para suprir a necessidade de rega das plantas espontâneas com extratos. Além de a metodologia utilizada dificultar a fabricação de uma grande quantidade de extrato a cada procedimento, buscou-se preservar os compostos dos extratos.

5.2.2. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas

As sementes das espécies de espontâneas *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L. foram coletadas na Estação Experimental da EPAGRI de Campos Novos (27°40'19"S, 51°22'57"W), no período de janeiro a abril de 2012, e foram armazenadas em vidros hermeticamente fechados a 8° C. As sementes foram desinfetadas com imersão de 2 minutos em hipoclorito de sódio e água (de 2 a 2,5% p/p (massa de soluto presente em 100 g de solução)), seguidos de 3 enxágues com água destilada. O teste de germinação foi realizado no mês de julho de 2012, no Laboratório de Sementes da UFSC, em câmara de germinação com controle de luminosidade (12 horas claro/escuro) e temperatura de 25° C \pm 1° C, com duração de 15 dias. Cinquenta sementes de cada espécie foram colocadas em caixas de acrílico, do tipo Gerbox, forradas com papel de germinação embebido com as seguintes concentrações de extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland: 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$. Para efeitos de comparação, água destilada foi utilizada como controle negativo, na razão de 2,5 vezes o peso do papel filtro (FRANÇA et al., 2008; TEIXEIRA et al., 2004). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos (água; e as concentrações de polifenóis no extrato: 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) e quatro repetições. Durante o teste de germinação foram realizadas observações diárias, sendo que o extrato e/ou a água foram repostos em 50% do volume inicial (TEIXEIRA et al., 2004) oito dias após o início do teste, em todas as caixas Gerbox, conforme a necessidade hídrica. Foram consideradas germinadas as sementes que possuíram radícula igual ou superior a um milímetro (AQUILA, 2000). As variáveis avaliadas foram percentagem de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação (IVGL), segundo equação de Maguire (1962):

$$IVG = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

onde G_i representa o número de sementes germinadas no dia i , e N_i representam o número de dias decorridos até a avaliação G_i .

5.2.3. Experimento 2: Emergência de plântulas

O solo utilizado foi coletado no município de Ituporanga (SC), em área com três anos de plantio direto de cebola, e classificado como Cambissolo Húmico Alumínico (EMBRAPA, 2006). O solo foi seco à temperatura ambiente durante uma semana, depois foi passado em peneira com malha de 2 mm e armazenado em vasos cilíndricos de polietileno com 20 centímetros de altura e 10 centímetros de diâmetro contendo 1,8 kg. Para cada espécie de espontânea foram semeadas manualmente 50 sementes por vaso, utilizando-se 50 g de solo para cobrir as sementes.

O delineamento experimental adotado foi: três espécies de plantas espontâneas (*Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L., *Bidens pilosa* L.), cinco tratamentos (água, concentrações de extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) e quatro repetições por tratamento. O extrato de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland foi aplicado sobre os vasos (20 mL), a cada dois dias, e água destilada sobre as plantas testemunhas (controle negativo). Durante o experimento a capacidade de campo foi mantida a 60%. Para isso, a cada dois dias foram realizadas pesagens dos vasos. O experimento ficou em casa de vegetação durante 34 dias.

Foram avaliadas a percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV), calculada a partir das contagens de germinação a cada dois dias; a altura das cinco primeiras plantas emergidas a cada oito dias, realizada com o auxílio de palito de madeira e régua com 30 cm de comprimento. Ao final do experimento, os vasos foram virados, e cuidadosamente o solo foi desprendido das raízes das cinco plantas avaliadas, e as raízes e a parte aérea foram separadas. A parte aérea foi armazenada em sacos de papel, e estes colocados em estufa de ventilação forçada a 45° C até peso constante, e a sua matéria seca (MSPA) foi determinada. As raízes foram armazenadas em frascos com etanol 50% para posterior avaliação do seu comprimento final (COMPR), volume (VOLR) e diâmetro (DIAR) em equipamento scanner com o software Winrhizo (BOUMA et al., 2000). Em seguida, as raízes foram secas em estufa de ventilação forçada a 45° C até peso constante, e a sua matéria seca (MSR) foi determinada.

5.2.4. Análises Estatísticas

A normalidade dos dados foi testada pelo método de Kolmogorov-Smirnov. Os dados que apresentaram normalidade foram os das variáveis VOLR de *Sonchus oleraceus* L., MSR de *Bidens pilosa* L., MSPA de *B. pilosa* L. e *Rumex obtusifolius* L., IVGL de *R. obtusifolius* L. e de *S. oleraceus* L., GERCV de *R. obtusifolius* e GERL de *R. obtusifolius* L. e *S. oleraceus*. Já os dados de GERL, IVGL, GERCV, COMPR, VOLR, MSR e MSPA foram transformados conforme a tabela 6.

Tabela 6: Fórmulas e variáveis que os dados foram transformados para atingir normalidade.

Fórmula	Variável	Referência
Log (x)	COMPR: <i>Bidens pilosa</i> L. MSR: <i>Sonchus oleraceus</i> L. MSPA: <i>Sonchus oleraceus</i> L. VOLR: <i>Bidens pilosa</i> L.	
x^2	MSR: <i>Rumex obtusifolius</i> L. COMPR: <i>Sonchus oleraceus</i> L. IVGL: <i>Bidens pilosa</i> L.	UFMA.
x^3	VOLR: <i>Rumex obtusifolius</i> L. COMPR: <i>Rumex obtusifolius</i> L. GERCV: <i>Sonchus oleraceus</i> L. e <i>Bidens pilosa</i> L.	UFMA.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando houve efeitos significativos, foi utilizado o teste de comparação de médias Scott Knott ($p < 0,05$). Para a avaliação do efeito das diferentes concentrações de extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e água sobre altura das plantas espontâneas em função do tempo utilizou-se o desvio padrão para comparar os dados. Para as classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz, utilizou-se o DMS (diferença mínima significativa), calculada através do teste de Tukey com 5% de significância.

5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1. Experimento 1: Teste de germinação de espontâneas

Os extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland tiveram efeitos pouco pronunciados no teste de germinação das plantas espontâneas *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L. (Tab. 7). Em alguns casos o percentual de germinação foi superior ao do controle, como para as plantas de *R. obtusifolius* L. (0,01 e 0,05 µgEAG mL⁻¹) e de *B. pilosa* L. (0,01, 0,05 e 0,1 µgEAG. mL⁻¹). No caso de *S. oleraceus* L., enquanto 0,05 µgEAG mL⁻¹ no extrato resultou no aumento do GERL (percentual de germinação final em laboratório), estas concentrações 0,1 e 0,2 µgEAG mL⁻¹ reduziram este percentual comparado ao controle.

Tabela 7 - Percentual de germinação final em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland contendo 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL⁻¹.

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato (µgEAG mL ⁻¹)	GERL (%)			IVGL (índice)		
	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>pilosa</i>	<i>R.</i> <i>obtusifolius</i>	<i>S.</i> <i>oleraceus</i>	<i>B.</i> <i>pilosa</i>
0 (H ₂ O)	24,0 b	82,0 b	58,5 b	3,8 b	7,1 b	13,4 b
0,01	34,0 a	82,0 b	84,0 a	5,1 a	7,8 b	20,4 a
0,05	38,0 a	87,5 a	86,0 a	6,0 a	10,5 a	20,8 a
0,1	20,0 b	78,0 c	85,5 a	2,8 b	8,4 b	21,7 a
0,2	24,5 b	76,5 c	62,5 b	3,8 b	7,0 b	13,7 b

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para a percentagem de germinação em laboratório, onde não se verificou efeitos dose-resposta (Tab. 7), corroboram com os resultados encontrados por Teixeira et al. (2004), que testaram extratos aquosos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, *Stilozobium deeringianum* Bort (Fabaceae) (mucuna-rajada), *Cajanus* sp. (Fabaceae) (guandu-comum) e *Cajanus cajan* (L.) Druce (Fabaceae) (guandu-anão), *Crotalaria juncea* L. (Fabaceae) (crotalária), *Crotalaria spectabilis* Roth (Fabaceae) (crotalária) e testemunha com água destila-

da, sobre *Bidens pilosa* L. e *Lactuca sativa* L. (Asteraceae) (alface). A redução da germinação das duas espécies ocorreu apenas com extrato de *C. juncea* L., sendo a germinação sob o efeito dos extratos das outras espécies iguais à testemunha.

Souza et al. (1999) encontraram redução da germinação quando testaram extratos hidroalcoólicos, em laboratório e em diferentes concentrações, de *Melins minutiflora* Pall de Beauv (Poaceae) (capim-gordura), *Hyparrhenia rufa* (Ness.) Stapf. (Poaceae) (capim-jaraguá), *Panicum maximum* Jacq. vr. Colonião (Poaceae) (capim-colonião), *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e serrapilheira de *Bambusa* sp. (Poaceae) (bambu) sobre sementes de *Lactuca sativa* L. e *Daucus carota* L. (Apiaceae) (cenoura). Os autores observaram que o extrato de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland foi o que mais prejudicou as sementes, atingindo drasticamente a percentagem de germinação e o IVGL (índice de velocidade de germinação em laboratório) (SOUZA et al., 1999). A germinação de sementes de *L. sativa* L. na concentração 25% de extrato de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland foi de 6% e nas outras concentrações (50, 75 e 100%) foi nula. De forma similar, a germinação das sementes de *D. carota* L. foi significativamente inferior quando submetida ao extrato de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland em relação aos outros extratos, e na concentração 100% foi nula (SOUZA et al., 1999).

Analizando quimicamente o extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, foi encontrado saponinas, substância do metabolismo secundário, que provavelmente retardaram a germinação até a inibição total (SOUZA et al., 1999). Essas substâncias são anfifílicas e podem formar complexos com esteróides, proteínas e fosfolipídeos de membranas celulares, mudando sua permeabilidade, podendo causar sua destruição (SCHENKEL et al., 2007). Também foi encontrado taninos catéquicos (SOUZA et al., 1999), que são inibidores de enzimas porque se ligam a proteínas (SANTOS & MELLO, 2007); flavanonóis (SOUZA et al., 1999), que entre muitas funções nos vegetais, atuam como agentes alelopáticos (ZUANAZZI & MONTANHA, 2007); fenóis (SOUZA et al., 1999), que é uma classe de compostos onde muitas substâncias são responsáveis pela inibição da germinação de sementes e na defesa das plantas (CARVALHO et al., 2007); e ácidos fixos fortes (SOUZA et al., 1999), considerado o principal fator diferenciado no extrato de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland em relação ao demais.

No presente trabalho algumas concentrações estimularam a germinação (Tab. 7), corroborando com os resultados de Simoneto & Cruz-Silva (2010) que aplicaram extrato aquoso de *Salvia officinalis* L. (La-

miaceae) (sálvia) sobre *Helianthus annuus* L. (Asteraceae) (girassol) na concentração 7,5%, e observaram o efeito estimulante superior ao controle. A mesma concentração estimulou a germinação de *Zea mays* L. (Poaceae) (milho) quando comparada às concentrações mais altas, de 22,5 e 30% (SIMONETO & CRUZ-SILVA, 2010).

Para os dados de IVGL, o comportamento de *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L. foi idêntico àquele apresentado pela GERL (Tab. 1). Da mesma forma, para *Sonchus oleraceus* L., o maior IVGL foi verificado na mesma concentração ($0,05 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$) em que houve indução da GERL. Já as maiores concentrações de polifenóis no extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland ($0,1$ e $0,2 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$), induziram uma redução no percentual de germinação, e não afetaram o IVGL. Ao contrário, Teixeira et al. (2004) verificaram redução do IVGL das sementes de *Lactuca sativa* L. quando tratadas com *Crotalaria juncea* L., *Cajanus* sp., *Stilozobium deeringianum* Bort e *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland, e para *B. pilosa* L., redução com o tratamento de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland.

Os compostos fenólicos agem diminuindo o metabolismo das enzimas que participam da glicólise e também daquelas envolvidas na via oxidativa das pentoses fosfato, processos que asseguram níveis de ATP (trifosfato de adenosina) e carbono para a germinação das sementes (GNIAZDOWSKA & BOGATEK, 2005). Entretanto, como comprovado neste teste de germinação, os aleloquímicos aplicados, assim como as plantas receptoras, agem seletivamente em suas respostas, tornado-se difícil compreender o mecanismo de ação desses compostos (SEIGLER, 1996).

5.3.2. Experimento 2: Emergência de plântulas

Na avaliação do efeito dos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland sobre GERCv (percentual de germinação em casa de vegetação) das espontâneas (Tab. 8), verificou-se comportamento diferenciado das espécies em relação àquele apresentado para a GERL (Tab. 1). Segundo Ferreira & Aquila (2000), os testes de germinação, geralmente, são menos eficientes para avaliar os efeitos dos aleloquímicos quando comparados com os testes que avaliam o desenvolvimento das plantas, porque durante a germinação as sementes utilizam reservas próprias (AQUILA, 2000). O teste de germinação pouco afetou as sementes, sendo os resultados obtidos em casa de vegetação melhores.

Tabela 8 – Percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com diferentes concentrações de polifenóis de extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 µg de equivalentes de ácido gálico mL⁻¹.

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato (µgEAG mL ⁻¹)	GERCV (%)		
	<i>R. obtusifolius</i>	<i>S. oleraceus</i>	<i>B. pilosa</i>
0 (H ₂ O)	63,7 b	30,0 a	26,0 a
0,01	60,0 b	30,7 a	27,3 a
0,05	52,0 c	30,0 a	22,0 b
0,1	73,3 a	36,0 a	11,3 c
0,2	48,7 c	19,3 b	7,3 c

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Para *Rumex obtusifolius* L., a aplicação do extrato contendo 0,1 µgEAG mL⁻¹ acarretou no aumento do GERCV. Já as concentrações 0,05 e 0,2 µgEAG mL⁻¹ reduziram a GERCV. Para *Sonchus oleraceus* L., apenas o tratamento com maior concentração reduziu significativamente o valor da GERCV. Para *Bidens pilosa* L., com exceção da concentração que continha 0,01 µgEAG mL⁻¹, foi observada a redução do índice em todas as concentrações testadas. De forma similar, houve a estabilização dos tubérculos de *Cyperus rotundus* L. com aplicação do extrato aquoso de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, e a velocidade de emergência desta espontânea foi reduzida (CARVALHO et al., 2002). Porém, o resultado encontrado por Pires et al. (2001), contradiz o exposto anteriormente, pois a inibição da germinação das sementes de *Desmodium purpureum* (Mill.) Fawc. & Rendle (Fabaceae) (desmódio), de *B. pilosa* L. e de *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) (caruru) por diferentes concentrações extratos de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) (Mimosaceae) (leucena) foi superior em laboratório.

As avaliações do efeito dos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland sobre as raízes apresentaram resultados diversos, não apresentando relações entre as variáveis, e entre as espécies (Tab. 9). Em relação ao COMPR (comprimento de raiz) da espécie *Rumex obtusifolius* L., verificou-se que o mesmo foi estimulado por todas as concentrações testadas em relação ao controle (Tab. 9), enquanto o VOLR (volume de raiz) não foi apresentou resultado significativo (anexo 2.5). No

caso da *Sonchus oleraceus* L., o COMPR foi prejudicado apenas nas maiores concentrações testadas (0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) e o VOLR na concentração 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$. Para *Bidens pilosa* L., o COMPR e o VOLR foram estimulados pela maior concentração de polifenóis (0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$). Já as demais concentrações, inibiram o VOLR em relação ao controle.

Tabela 9 – Comprimento de raiz (COMPR) e volume de raiz (VOLR) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 μg de equivalentes de ácido gálico mL^{-1} .

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato ($\mu\text{gEAG mL}^{-1}$)	COMPR (cm)			VOLR (cm^3)		
	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>
0 (H_2O)	375,6 b	231,6 a	634,3 b	0,6 a	0,3 a	0,9 b
0,01	542,8 a	235,3 a	566,1 b	0,7 a	0,2 a	0,8 c
0,05	496,6 a	183,2 a	581,6 b	0,6 a	0,2 a	0,7 c
0,1	547,6 a	32,7 b	529,8 b	0,7 a	$30 \cdot 10^{-3}$ b	0,6 c
0,2	576,4 a	85,0 b	933,4 a	0,7 a	0,2 a	1,3 a

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A redução do comprimento das raízes de *Sonchus oleraceus* L. nas concentrações 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ corroboram com os resultados encontrados por Gusmann et al. (2011), que avaliaram o efeito de extratos aquosos de *Cyperus rotundus* L., de *Bidens pilosa* L. e de *Euphorbia heterophylla* L. (Euphorbiaceae) (leiteiro), sobre o desenvolvimento de plantas de *Lactuca sativa* L., *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz (Solanaceae) (tomate), *Brassica oleracea* var. Capitata L. (Brassicaceae) (repolho) e *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae) (rabanete). Os autores concluíram que a estrutura vegetal mais afetada negativamente foi o comprimento do sistema radicular, mesma conclusão do trabalho de Costa et al. (1996). Frequentemente os efeitos de aleloquímicos sobre as raízes são a redução do perfilhamento e o atrofiamento ou deformação das raízes (ALMEIDA, 1988).

Alguns autores têm relacionado à redução do crescimento das raízes com a inibição da divisão celular e do alongamento celular devido à presença de aleloquímicos em extratos (PINA, 2008), pois as saponinas podem mudar a permeabilidade da membrana celular e até causar sua

destruição (SCHENKEL et al., 2007). Por outro lado, Erasmo et al. (2011) não observaram efeitos de extratos da parte aérea e radicular de adubos verdes, entre eles o de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, no comprimento radicular de *Lactuca sativa* L. Resposta igual ocorreu nas concentrações 0,01 e 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ para a *Sonchus oleraceus* L., e 0,01, 0,05 e 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ para *Bidens pilosa* L. no presente estudo (Tab. 9).

Corroborando com os resultados estimulantes, Silva (2004) realizou estudos dos efeitos alelopáticos com várias plantas e dentre algumas delas, também encontrou extratos estimulantes. As diferentes concentrações de extratos aquosos de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong (Fabaceae – Mimosaceae) (timbaúva) a frio e a quente, induziram ao aumento do hipocótilo, e nas maiores concentrações (4% a frio e a quente), do comprimento da radícula de *Lactuca sativa* L. O tratamento na concentração 2% a frio de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (Caesalpinioideae-Fabaceae) (canafístula) e de *Trema micranta* (L.) Blume (Cannabaceae) (grandiúva) estimulou o crescimento da radícula de *L. sativa* L., sendo os tratamentos restantes iguais ou reduzidos estatisticamente em relação ao controle. Todos os extratos de *Roupala brasiliensis* Klotzsch (Proteaceae) (carvalho) estimularam o comprimento radicular, com exceção da concentração 2% a quente, que foi igual ao controle.

A eficácia dos vários aleloquímicos que uma planta produz é dependente de alguns fatores, como a forma de liberação, o potencial fitotóxico desses compostos individualmente, a sua dinâmica no solo, e as interações bioquímicas e químicas entre eles (BELZ, 2007). As espécies apresentam comportamentos diferentes à aplicação dos extratos, pois as respostas variam de acordo a sensibilidade de cada espécie aos aleloquímicos e com as espécies utilizadas para a preparação dos extratos (tipo e concentração de aleloquímicos), proporcionando maior ou menor intensidade, e também dependendo do substrato utilizado (SOUZA FILHO et al., 1997).

A MSR (matéria seca de raiz) e a MSPA (matéria seca da parte aérea) de *Rumex obtusifolius* L. diminuíram quando tratadas com todas as concentrações de polifenóis, exceto a de 0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ (Tab. 10). O mesmo efeito foi observado para MSR e MSPA quando as plantas de *Sonchus oleraceus* L. foram tratadas com todas as concentrações de polifenóis. No entanto, não foi observado efeito dose-resposta. A MSR de *Bidens pilosa* L. foi reduzida nos tratamentos que receberam 0,01 a 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ e aumentou naquelas tratadas com 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ em relação as plantas controle. Já a MSPA não apresentou resultados significativos (Anexo 2.7).

Tabela 10 – Matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca da parte aérea (MSPA) de *Rumex obtusifolius* L., *Sonchus oleraceus* L. e *Bidens pilosa* L., tratadas com extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações 0,01; 0,05; 0,1 e 0,2 μg de equivalentes de ácido gálico mL^{-1} .

Tratamentos Concentração de polifenóis no extrato ($\mu\text{gEAG mL}^{-1}$)	MSR (mg)			MSPA (mg)		
	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>	R. <i>obtusifolius</i>	S. <i>oleraceus</i>	B. <i>pilosa</i>
0 (H_2O)	11,5 a	4,9 a	15,7 a	153,8 a	71,9 a	127,0 a
0,01	11,1 a	2,4 b	12,0 b	78,2 c	24,2 b	99,0 a
0,05	7,8 c	1,8 b	10,8 b	66,9 c	16,5 b	94,5 a
0,1	6,0 c	1,7 b	9,5 b	75,3 c	27,2 b	89,3 a
0,2	9,1 b	1,3 b	18,3a	90,0 b	20,2 b	124,3 a

Letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

A aplicação de extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland também gerou redução na MSR, na MSPA e a massa verde de tubérculos de *Cyperus rotundus* L. (CARVALHO et al., 2002). Já em outro estudo, a aplicação de extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (Fabaceae) (feijão-de-porco), de *Lippia sidoides* Cham. (Verbenaceae) (alecrim-pimenta) e do herbicida atrazina reduziram a MSR e massa fresca de raízes de tubérculos de *C. rotundus* L., e mais eficientemente, se comparados ao efeito gerado com *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland e *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (Poaceae) (capim-limão) (SILVEIRA et al., 2010).

Os efeitos prejudiciais dos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland verificados no presente estudo sobre a produção de MSPA das plantas espontâneas corroboram com aqueles de Erasmo et al. (2011), que, incorporando a biomassa de *M. aterrima* (Piper & Tracy) Holland ao solo, encontraram redução de até 50% da MSPA de *Lactuca sativa* L. na maior quantidade incorporada (50 g dm^{-3}). A diminuição da área foliar das plantas reduz a captação de energia solar, afetando diretamente o seu crescimento e desenvolvimento (LUCHESSI, 1984).

O crescimento da parte aérea das plantas espontâneas apresentou comportamento quadrático (Fig. 8, 9, 10), sendo a *Rumex obtusifolius* L. a menos prejudicada pelos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fig. 1). No 11º dia a altura na concentração 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$

foi a única que se igualou ao controle, e nas concentrações 0,01, 0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ sofreu diminuição. No 19º dia as concentrações resultaram em estímulo (0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$), inibição (0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$) ou sem efeito (0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$). No 27º dia a concentração 0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ estimulou a altura das plantas, e as demais inibiram o crescimento. No 35º e no 43º dia, a altura das plantas nas concentrações 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ não diferiu do controle, e as 0,01 e 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ estimularam o crescimento.

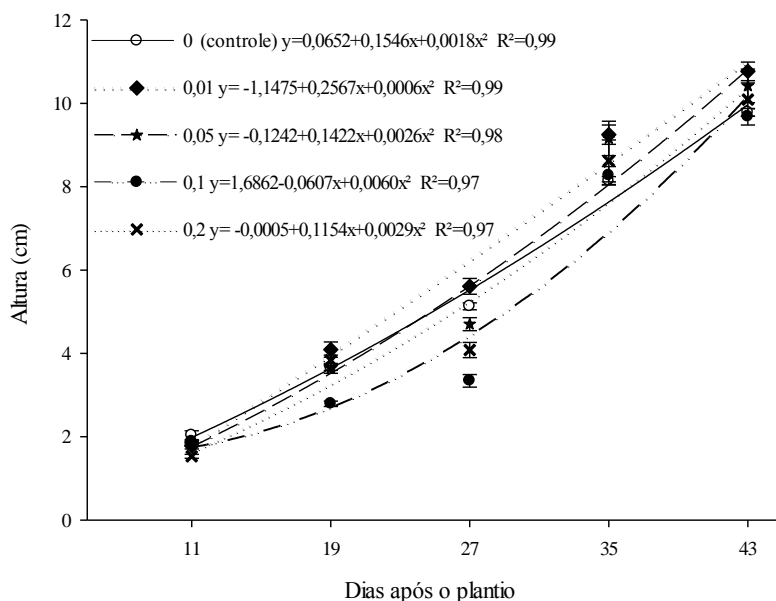


Figura 8 - Efeito dos extratos aquosos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água, sobre o crescimento da parte aérea de *Rumex obtusifolius* L.

A espécie *Sonchus oleraceus* L. foi a mais prejudicada pelos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, comportamento evidenciado a partir do dia 27º dia, quando houve decréscimo da altura com o aumento da concentração de polifenóis no extrato (Fig. 9). No 11º dia as concentrações 0,05 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diminuíram a altura das plantas em relação ao controle. No 19º dia a altura na concentração 0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ igualou-se ao controle, e nas concentrações 0,05, 0,1 e 0,2

$\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ sofreu redução do crescimento. No 27º, no 35º e no 43º dia todas as concentrações prejudicaram a altura das plantas.

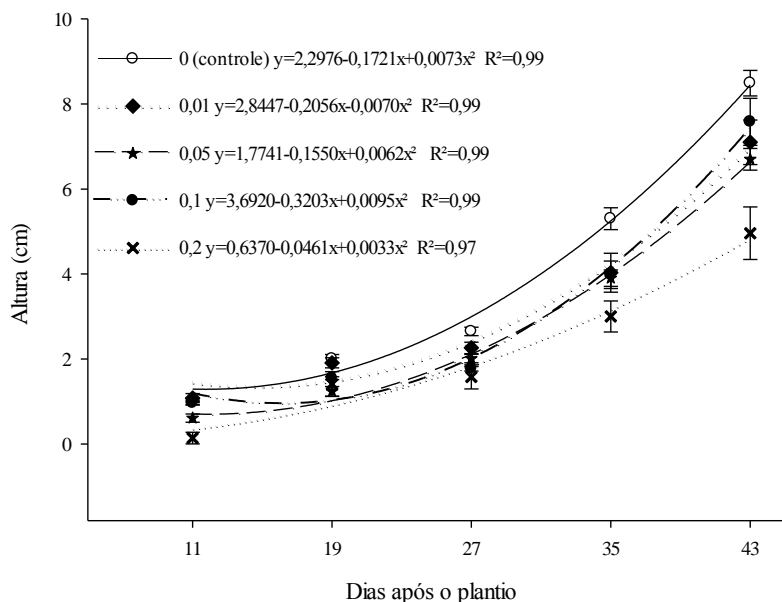


Figura 9 - Efeito dos extratos aquosos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água, sobre o crescimento da parte aérea de *Sonchus oleraceus* L.

A altura de *Bidens pilosa* L. foi prejudicada pela aplicação dos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fig. 10). No 11º dia a concentração 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ estimulou o crescimento, e as demais concentrações diminuíram a altura. No 19º dia apenas as concentrações 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ prejudicaram as plantas. No 27º, no 35º e no 43º dia, à medida que as concentrações de polifenóis no extrato aumentaram, a altura das plantas decresceu, entretanto nas duas últimas datas na concentração 0,01 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ igualou-se ao controle.

A altura de *Rumex obtusifolius* L. estimulada pela aplicação dos extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland (Fig. 8), enquanto *Bidens pilosa* L. (Fig. 10), e mais severamente *Sonchus oleraceus* L. (Fig. 9), tiveram sua altura reduzida. A diversa susceptibilidade das espécies vegetais e a variabilidade de substâncias alelopáticas, explicam porque umas espécies foram beneficiadas e outras prejudicadas pelos extratos (ALMEIDA, 1988). A proporção do aleloquímico e o material

vegetal no qual ele foi testado (FERREIRA & AQUILA, 2000) também são variáveis que influenciaram os resultados. Em trabalho com *Lactuca sativa* L. e *B. pilosa* L., foram observadas diminuições significativas no comprimento da parte aérea e radicular, e da biomassa fresca e seca com a aplicação de extratos aquosos de frutos de *Phytolacca dioica* L. (Phytolaccaceae) (umbu), com diversas concentrações. O comprimento radicular das duas espécies também foi afetado com o aumento da concentração dos extratos, enquanto a parte aérea de *L. sativa* L., a partir do tratamento 4% e a de *B. pilosa* L. com o tratamento 1%, mostrando-se mais sensível aos extratos de *P. dioica* L. em relação à *L. sativa* L. (BORELLA & PASTORINI, 2010).

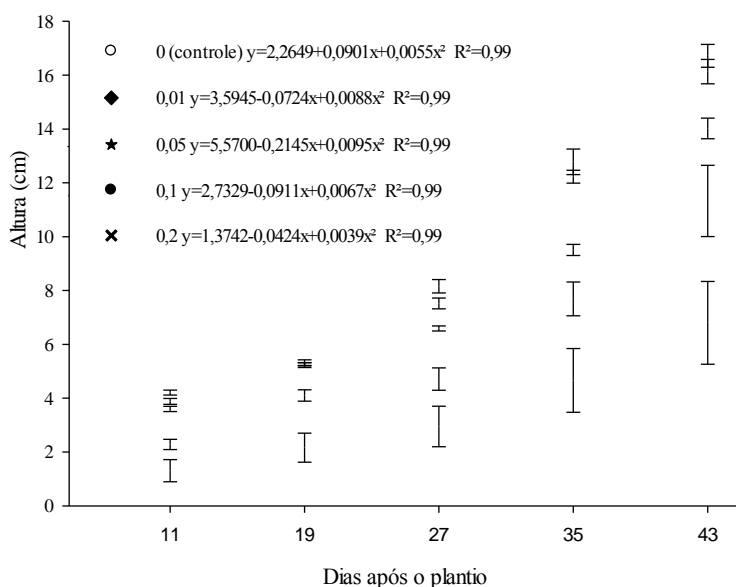


Figura 10 - Efeito dos extratos aquosos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland com as concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 µgEAG mL⁻¹, e água, sobre o crescimento da parte aérea de *Bidens pilosa* L.

O efeito dos extratos sobre o comprimento nas diferentes classes de DIAR (diâmetro de raiz) foi mais pronunciado nas raízes mais finas, aquelas que se classificam entre zero e 0,5 mm (Fig. 11, 12 e 13), e que para sua produção, geram um alto custo de nutrientes para planta

(LAMBERS & POORTER, 1992). Nesta classe de diâmetro, as diferentes concentrações de polifenóis no extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland estimularam o crescimento das raízes de *Rumex obtusifolius* L. (Fig. 11), enquanto nas demais classes não se verificaram efeitos.

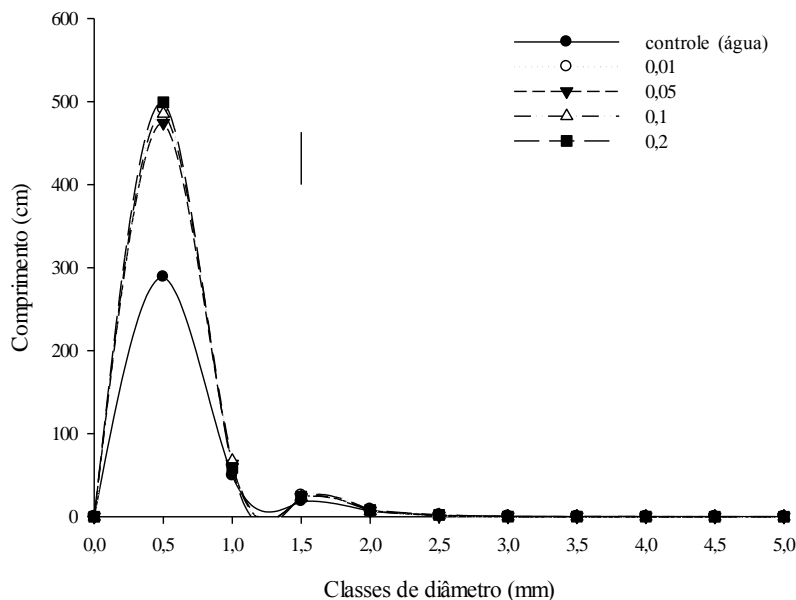


Figura 11 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Rumex obtusifolius* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

O comprimento da raiz de *Sonchus oleraceus* L. foi diminuído na classe de raízes com diâmetro de até 0,5 mm com o aumento das concentrações de polifenóis no extrato, mas apenas na concentração 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ diferiu estatisticamente do controle (Fig. 12). Resultado similar foi encontrado por Pina (2008), onde foi verificado diminuição no comprimento de raízes de gergelim (*Sesamum indicum* L.) e rabanete (*Raphanus sativus* L.) quando tratadas com extratos de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) e incremento do diâmetro radicular. A autora atribui a diminuição do comprimento e o espessamento da raiz como uma respos-

ta característica dessa estrutura ao estresse gerado pelos aleloquímicos. Igualmente, Romero-Romero et al. (2005) ao submeterem raízes de *Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Santa Cruz ao lixiviado alelopático aquoso da planta espontânea *Sicyos deppei* G. Don (Cucurbitaceae) em concentração 0,5% e a estresse hídrico com polietilenoglicol a 12%, observaram diminuição do crescimento em 75 e 76%, respectivamente, inchaço na zona meristemática e aumento de pelos radiculares. Sintomas semelhantes foram observados em plantas de *Triticum aestivum* L. (Poaceae) (trigo) submetidas à toxidez do alumínio e ácido tânico, que apresentaram diminuição do crescimento e aumento do diâmetro radicular (ZOBEL et al., 2007). O estresse oxidativo induzido por alumínio e as alterações das propriedades da parede da célula têm sido sugeridos como os dois principais fatores que conduzem à toxicidade de alumínio (ZHENG & YANG, 2005).

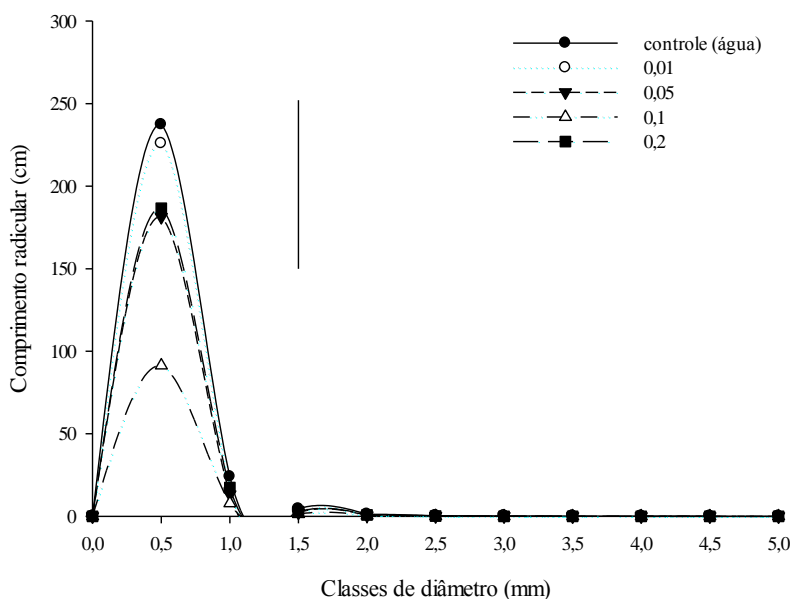


Figura 12 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Sonchus oleraceus* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

O crescimento das raízes de *Bidens pilosa* L. também apresentou diferença estatística em relação ao controle apenas na classe de diâmetro de zero até 0,5 mm. As concentrações 0,01 e 0,05 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ não diferiram do controle e a 0,1 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$ apresentou redução do comprimento radicular nesta classe (Fig. 13).

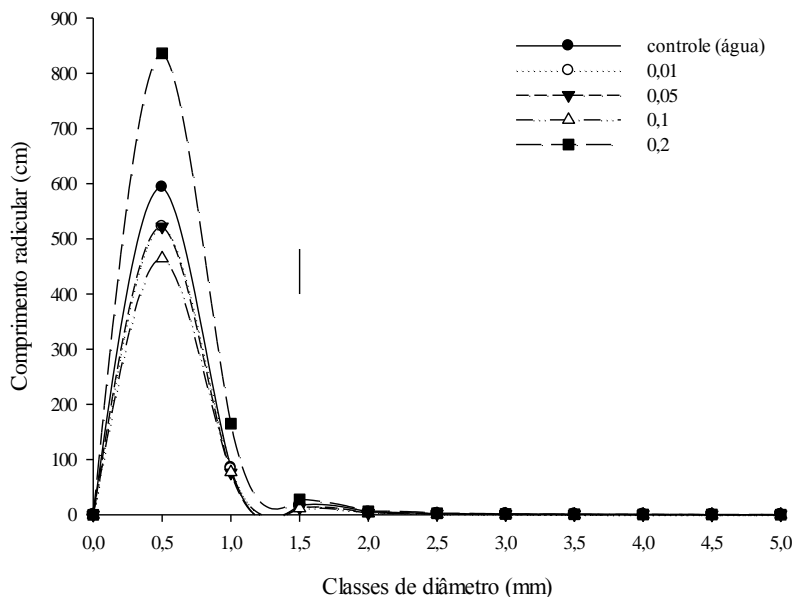


Figura 13 - Classes de diâmetro em relação ao comprimento de raiz de *Bidens pilosa* L., em centímetros, submetidos a aplicações de extratos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland nas concentrações de polifenóis 0,01, 0,05, 0,1 e 0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$, e água. A barra na vertical representa a DMS do teste Tukey com o nível de 5% de significância (diferença mínima significativa).

O comprimento radicular de *Rumex obtusifolius* L. (Fig. 11) e de *Bidens pilosa* L. (Fig. 13) apresentou aumento na menor classe de diâmetro avaliada (0 a 0,5 mm) na maior concentração de extrato (0,2 $\mu\text{gEAG mL}^{-1}$). A tolerância ou resistência aos aleloquímicos é mais ou menos específica, existindo espécies mais suscetíveis que outras (FERREIRA & AQUILA, 2000).

O método e as concentrações realizadas podem ser os responsáveis por ambos os resultados, além do fator espécies utilizadas. Os efei-

tos dos extratos mais pronunciados em casa de vegetação sobre a germinação das três espécies estudadas é um resultado promissor, que indica um possível e futuro uso da *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland no manejo dessas espontâneas.

5.4. CONCLUSÕES

Rumex obtusifolius L. obteve respostas diversas à ação dos extratos. Foram encontradas concentrações estimulantes para a GERL, o IVGL, a GERCV, o DIAR e o COMPR. Porém, a GERCV sofreu efeitos nocivos por algumas concentrações de extrato. A MSR e a MSPA foram inibidas pelos extratos, enquanto a altura oscilou entre inibições, estímulos ou sem efeito. *Sonchus oleraceus* L. foi prejudicada principalmente pelas maiores concentrações. A MSR, a MSPA e a altura foram mais sensíveis, sendo inibidas por uma gama maior de concentrações. A GERL, o IVGL, o COMPR e o VOLR de *Bidens pilosa* L. foram estimulados pelas concentrações de extrato. Porém, o VOLR também apresentou inibições, assim como a altura a MSR.

As espécies *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L. sofreram poucos efeitos inibitórios, e às vezes até estimulantes do crescimento, enquanto *Sonchus oleraceus* L., em geral, foi prejudicada pelos extratos mostrando resultado importante no manejo dessa espécie com *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland.

6. CONCLUSÕES GERAIS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os extratos metanólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland, com diferentes concentrações de polifenóis, afetaram tanto a germinação, como a emergência das três espécies de plantas espontâneas estudadas de diferentes formas.

Sonchus oleraceus L. foi à espécie mais afetada negativamente pelos extratos, em relação ao tratamento controle, tanto em laboratório quanto em casa de vegetação. Apenas a variável índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL) da espécie não foi afetada negativamente por nenhuma das concentrações do extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland. A matéria seca de raiz (MSR) e a matéria seca da parte aérea (MSPA) foram às únicas variáveis que sofreram reduções e que não apresentaram diferenças estatísticas entre as concentrações de ambos os extratos. Somente a concentração $0,05 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ de polifenóis no extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland sobre os valores da percentagem de germinação em laboratório (GERL) e de índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL), provocou estímulo. A espécie se mostrou sensível aos aleloquímicos presentes nos extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland e, em geral, teve o seu desenvolvimento prejudicado.

Os resultados dos efeitos dos extratos sobre *Rumex obtusifolius* L. e *Bidens pilosa* L. não foram tão satisfatórios quando se objetiva o controle dessas espontâneas. As variáveis apresentaram resultados que oscilaram entre inibições, estímulos ou sem efeito em relação ao tratamento controle. Os extratos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. diminuíram os valores de percentagem de germinação em laboratório (GERL) e índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL) de *R. obtusifolius* L., em todas as concentrações, em comparação à testemunha. A matéria seca de raiz (MSR) da espécie foi reduzida pela maior concentração enquanto a matéria seca da parte aérea (MSPA) por todas as concentrações de extrato. Já o extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland induziu a reduções da percentagem de germinação em laboratório (GERCV), com exceção da concentração $0,01 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ que não diferiu do controle e da $0,1 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ que induziu estímulo. Em laboratório, a percentagem de germinação em laboratório (GERL) e o índice de velocidade de germinação em laboratório (IVGL) foram estimulados pela aplicação dos extratos em duas concentrações ($0,01$ e $0,05 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$), enquanto houve inibição da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca de raiz (MSR) de *R. obtusifolius* L. na maioria das concentrações.

As concentrações de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. diminuíram os valores dos testes de germinação em laboratório para *Bidens pilosa* L. e apenas a concentração $0,01 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$ reduziu o diâmetro de raiz (DIAR). Com o extrato de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland a percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV), o volume de raiz (VOLR) e a matéria seca de raiz (MSR) de *Bidens pilosa* L. sofreram reduções na maioria das concentrações. A altura também sofreu redução significativa nas três maiores concentrações, enquanto o diâmetro de raiz (DIAR) só foi reduzido pela concentração $0,1 \mu\text{gEAG mL}^{-1}$.

As respostas das três espécies de espontâneas aos tratamentos com extrato de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland se deve às interferências metabólicas que podem ter afetado os processos de divisão celular e/ou a produção de fitormônios (muitos deles considerados aleloquímicos) e/ou a fotossíntese, ou outro mecanismo celular, ou vários desses de uma vez.

Como no presente estudo os extratos foram testados com o intuito de avaliar o potencial do uso de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland no controle das três espécies de plantas espontâneas, não se sabe quais os aleloquímicos, nutrientes e outros compostos orgânicos, estavam presentes nos extratos. Assim, não se sabe quais compostos foram responsáveis pelos efeitos observados.

Para avançar neste tipo de estudo será preciso identificar os aleloquímicos contidos nos extratos, apesar da identificação dos extratos, por si só, não permitir saber como os compostos atuam sobre as plantas. Serão necessários estudos que isolem os aleloquímicos, que apliquem os extratos sobre plantas, que permitam observar os efeitos e, em uma etapa posterior, que avaliem aspectos bioquímicos e fisiológicos da planta teste.

O isolamento de substâncias químicas não é simples e nem é rápido, e mesmo que se efetuem essas etapas, ao se fazer estas avaliações experimentais no campo, será necessário causar a interferência pela aplicação de doses mínimas, semelhantes àquelas que ocorrem no ambiente natural, quantificar a taxa de aleloquímico liberado no ambiente e absorvida pela planta, e verificar se determinada substância se acumula ou persiste em concentrações suficientes para causar efeitos.

A alelopatia é um fenômeno biológico pouco estudado até o momento, por isso, com ausência de metodologias padrão e referências, o que dificulta a realização de experimentos e a comparação de resultados. São escassos os trabalhos onde foi feita a caracterização dos aleloquímicos presentes nos tratamentos aplicados, seja através da obtenção de extratos diversos, ou mesmo da ação de lixiviação foliar a campo, princi-

palmente pela dificuldade de eliminar as fontes de variação dos estudos, pois os produtos podem ser degradados em outras substâncias que podem ser mais ou menos tóxicas e pelas interações que podem ocorrer entre componentes do ambiente.

Apesar dessas lacunas, o conhecimento e o emprego da alelopatia pode ser útil para diminuir problemas da agricultura, como a poluição ambiental pelo uso de herbicidas que poluem o ambiente e oferecem riscos à saúde humana e animal e reduzem a diversidade dos agroecossistemas. O uso de espécies de cobertura do solo como o *Canavalia ensiformis* (L.) DC. e de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) com potencial alelopático, se manejadas corretamente, pode ser útil para reduzir o efeito de plantas espontâneas e patógenos que afetam as plantas de interesse econômico, podendo ainda melhorar a qualidade do solo e o rendimento da colheita.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. S. **A alelopatia e as plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. (IAPAR. Circular, 53).

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases Científicas para una agricultura sustentable**. Montevideo: Nordan–Comunidad, 1999.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. **Agroecología: Teoría y práctica para uma agricultura sustentable**. 1ª edição México: PNUMA, 2000. (Série textos básicos para formação ambiental).

ALVES, P. L. da C. A.; PITELLI, R. A. Manejo ecológico de plantas daninhas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p. 29 – 39, set./out. 2001.

ALVARENGA, R. C.; CRUZ, J. C.; NOVOTY, E. H. **Manejo de solos**. In: Cultivo do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sistemas de Produção 1, 2ª ed. dez. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/ferverde.htm> Acesso em: 20 out. 2011.

AQUILA, M.E.A. Efeito alelopático de *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. na germinação e crescimento inicial de *Lactuca sativa* L. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 53, p. 51-66, 2000.

ASSCHE, J. V.; NERUM, D. V.; DARIUS, P. The comparative germination ecology of nine *Rumex* species. **Plant Ecology**, v. 159, p. 131–142, 2002.

AZAMBUJA, N.; HOFFMANN, C. E. F.; NEVES, L. A. S. das; GOULART, P. L. Potencial alelopático de *Plectranthus barbatus* Andrews na germinação de sementes de *Lactuca sativa* L. e de *Bidens pilosa* L. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 9, n.1, p. 66-73, 2010.

AZEVEDO, D. M. P., SEVERINO, L. S. **Plantas daninhas**. In: Cultivo da Mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão. 2006. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mamona/CultivodaMamona_2ed/plantasdaninhas.html> Acesso em: 02 ago. 2011.

BELZ, R. G. Review Allelopathy in crop/weed interactions – an update. **Pest Management Science**, v. 63, 308-326 p. 2007.

BHADORIA, P. B. S. Allelopathy: A Natural Way towards Weed Management. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 1, n 1, p. 7-20, 2011.

BLACKSHAW, R. E.; ANDERSON, R. L.; LEMERLE, D. Cultural Weed Management. In: UPADHYAYA, M. K.; BLACKSHAW, R. E. (Ed.) **Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology**. Canadá: CABI, 2007. p. 35-48.

BORELLA, J., PASTORINI, L. H. Efeito alelopático de frutos de umbu (*Phytolacca dioica* L.) sobre a germinação e crescimento inicial de alface e picão-preto. **Ciências Agrotecnologia**. Lavras, v. 34, n. 5, sept./oct. 2010.

BOUMA, J.T.; NIELSEN, K.L.; KOUTSTAAL, B. Sample preparation and scanning protocol for computerized analysis of root length and diameter. **Plant and Soil**. The Netherlands, n. 218, p. 185-196, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 007, de 17/05/99. Dispõe sobre normas para a produção de produtos orgânicos vegetais e animais. Disponível em: <http://www.ibd.com.br/Media/arquivo_digital/c40fe6c4-51f3-414a-9936-49ea814fd64c.pdf> Acesso em: 07 ago. 2013.

CALEGARI, A.; COSTA, M. B. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.

CALEGARI, A. **Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995. 117 p.

CARMONA, R.; VILLAS BÔAS, H. D. C. Dinâmica de sementes de *Bidens pilosa* no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 3, p. 457-463, 2001.

CARVALHO, G. J. de; FONTANÉTTI, A.; CANÇADO, C. T. Potencial alelopático do feijão-de-porco (*Canavalia ensiformes*) e da mucuna-preta (*Stilozobium aterrimum*) no controle da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Ciências Agrotecnologia**. Lavras-MG. v. 26, n.3, p.647-651, mai./jun., 2002.

CARVALHO, J. C. T.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E. P. Compostos fenólicos simples e heterosídicos. In: SIMÕES, C. M. O., SCHENKEL, E. P., GOSMANN, G., MELLO, J. C. P. de, MENTZ, L. A., PETROVICK, P. R. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 6ª ed., 2007. p. 519-536.

CASTRO, P.R.C.; RODRIGUES, J.D.; MORAES, M.A.; CARVALHO, V.L.M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 2, p.79-85, 1983.

CAVALCANTI, N. de B. Influência de diferentes substratos na emergência e crescimento de plantas de feijão de porco (*Canavalia ensiformes* L.). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 051-070, jul. /set. 2011.

CHUNG, I. M.; AHN, J.K.; YUN, S.J. Assessment of allelopathic potential of barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) on rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Crop Protection**. v. 922, n. 20, p. 921-928, 2001.

COSTA, A. S. V. da; PESSANHA, G. G.; CARVALHO, M. G. de; BRAZ FILHO, R. Identificação de substâncias secundárias presentes em leguminosas utilizadas com adubo verde. **Revista Ceres**, Viçosa, v. XLII, n. 244, p. 548-598, 1995.

COSTA, A. S. V.; PESSANHA, G. G.; DUQUE, F. F. Efeitos de extratos de quatro leguminosas, utilizadas como adubo verde, sobre a germinação e desenvolvimento de plântulas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Revista Ceres**, Viçosa, v. XLIII, n. 250, p. 792-807, 1996.

CRUZ-ORTEGA, R.; ANAYA, A. L.; HERNANDEZ-BAUTISTA, B. E.; LAGUNA-HERNANDEZ, G. Effects of allelochemical stress produced by *Sicyos deppei* on seedling root ultrastructure of *Phaseolus vulgaris* and *Cucurbita ficifolia*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 24, n. 12, 1998.

CRUZ-ORTEGA, R.; AYALA-CORDERO, G.; ANAYA, A. L. Allelochemical stress produced by the aqueous leachate of *Callicarpa acuminata*: effects on roots of bean, maize, and tomato. **Physiologia Plantarum**, v. 116, p. 20–27, 2002.

CUESTA, R. R.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A.; FRANCO, A. A. Crescimento e conversão da energia solar em *Phaseolus vulgaris* L. em função da fonte de nitrogênio. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 242, p. 405-422, 1995.

DE ALBUQUERQUE, M. B.; SANTOS, R. C. dos; LIMA, L. M.; MELO FILHO, P. de A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; DA CÂMARA, C. A. G.; RAMOS, A. de R. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 31, p. 379–395, 2011.

DUARTE, M. G. R.; SOARES, I. A. A.; BRANDÃO, M.; JACOMÉ, R. L. R. P.; SILVA, C. R. F. da; OLIVEIRA, A. B. de. Perfil fitoquímico e atividade antibacteriana in vitro de plantas invasoras. **Revista Lecta**, Bragança Paulista, v. 20, n. 2, p. 177-182, jul./dez. 2002.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 2006. 374 p.

EPAGRI. **Sistema de produção para cebola**: Santa Catarina. Florianópolis: 2000. 91 p. (Epagri. Sistemas de Produção, 16).

ERASMO, E. A. L.; AZEVEDO, W.R.de; COSTA, N. V. da; ALVES, P. L. da C. A. Efeito de extratos de adubos verdes sobre *Lactuca sativa* e *Digitaria horizontalis*. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p. 529-537, 2011.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L. M. ALVARENGA, R. C.; NEVE, J. C. L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 171-177, 2000. Disponível em: <
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180218272020>
 >. Acesso em: 01 nov. 2011.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M. da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1355-1362, nov. 2001.

FERREIRA, A.G.; ÁQUILA, M.E.A. Alelopatia: uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Edição Especial, v. 12, p. 175-204, 2000.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G. J. de; MORAIS, A. R. de; ALMEIDA, K. de; DUARTE, W. F. Adubação verde no controle de plantas invasoras nas culturas de alface-americana e de repolho. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 967-973, set./out., 2004.

FRANÇA, A. C.; SOUZA, I. F. de; SANTOS, C. C. dos; OLIVEIRA, E. Q. de; MARTINOTTO, C. Atividades alelopáticas de nim sobre o crescimento de sorgo, alface e picão-preto. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1374-1379, set./out., 2008.

GNIAZDOWSKA, A.; BOGATEK, R. Allelopathic interactions between plants. Multisite action of allelochemicals. **Acta Physiology Plant**, v. 27, n. 3, p. 395-407, 2005.

GUIL-GUERRERO, J.; GIMENEZ-GIMENEZ, A.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, I.; TORIJA-ISASA, M. E. Nutritional Composition of *Sonchus* Species (*S. asper* L, *S. oleraceus* L and *S. tenerri-mus* L). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 76, p. 628-632, 1998.

GUSMAN, G. S., YAMAGUSHI, M. Q., VESTENA, S. Potencial alelopático de extratos aquosos de *Bidens pilosa* L., *Cyperus rotundus* L. e *Euphorbia heterophylla* L. **Iheringia**, Série Botânica, Porto Alegre, v. 66, n. 1, p. 87 - 98, jul. 2011.

HIERRO J. L.; CALLAWAY, R. M. Allelopathy and exotic plant invasion. **Plant and soil**. Netherlands, v. 256, p. 29-39, mai 2003.

HUTCHINSON, I.; COLOSI, J.; LEWIN, R. A. The biology of Canadian weeds.: 63. *Sonchus asper* (L.) Hill and *S. oleraceus* L. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 64, p. 731-744, jul/ 1984.

INDERJIT; CALLAWAY, R. M. Experimental designs for the study of allelopathy. **Plant and soil**. Netherlands, v. 256, p. 01-11, mai 2003.

JACOBI, U. S.; FLECK, N. G. Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia no início do ciclo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 1, p. 11-19, jan. 2000.

KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas infestantes e nocivas**. 2ª ed. São Paulo: BASF, 1999. 978 p.

KOHLI, R. K.; BATISH, D.; SINGH, H. P. Allelopathy and its implications in agroecosystems. **Journal of Crop Production**, v. 1, p. 169-202, 1998.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. Cap.5: Roots and root systems. In: KRAMER, P.J., BOYER, J.S. **Water relations of plant and soils**. London: Academic Press, 1995. p.115-165.

LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent Variation in Growth Rate Between Higher Plants: A Search for Physiological Causes and Ecological Consequences. **Advances in Ecological Research**, v. 23, p. 187-261, 1992.

LAMBERS, H.; CHAPIN III, F. S.; PONS, T. L. **Ecofisiologia vegetal**. New York: Springer-Verlag, 1998.

LIEBMAN, M. Weed management: a need for ecological approaches. In: LIEBMAN, M., MOHLER, C.L., STAYER, C.P., (Es./Ed.), **Ecological Management of Agricultural Weeds**. Cambridge: CABI Publishing Press, 2004. 545 p.

LIMA, J.M.; SILVA, C.A.; ROSA, M.B.; SANTOS, J.B.; OLIVEIRA, T.G.; SILVA, M.B. Prospecção fitoquímica de *Sonchus oleraceus* e sua toxicidade sobre o microcrustáceo *Artemia salina*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.

LÔBO, L. T.; CASTRO, K. C. F.; ARRUDA, M. S. P.; SILVA, M. N. da; ARRUDA, A. C.; MÜLLER, A. H.; ARRUDA, G. M. S. P.; SANTOS, A. S. Potencial alelopático de catequinas de *Tachigali myrmecophyla* (Leguminosae). **Química Nova**, v. 31, n.º 3, p. 493-497, 2008.

LOPES, O. M. N.; ALVES, R. N. B. **Adubação verde e plantio direto: alternativas de manejo agroecológico para a produção agrícola familiar sustentável**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental 1ª ed, 2005.(Documentos 212). Disponível em: <
<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403557/1/DOCUMENTOS212EmbrapaAOriental.pdf>> Acesso em: 02 ago. 2013.

LORENZI, H. **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 3ª ed. Nova Odessa: Plantarum, 1990. 240 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2ª ed. Nova Odessa: Plantarum, 1991. 440 p.

MAGALHÃES, A. C. Efeito inibidor de extratos de plantas de feijão-de-porco sobre o desenvolvimento da tiririca. **Bragantia**, v. 23, out. 1964 (nota nº 6).

MAGDOFF, F. Calidad y manejo del suelo. In: ALTIERI, M. **AGROECOLOGIA: Bases científicas para uma agricultura sustentável**, Montevideo: Nordan-Comunidad, 1999. p. 291-304.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2. n. 1. p. 176-199, 1962.

MAXWELL, B. D.; O'DONOVAN, J. T. Understanding weed-crop interactions to manage weed problems. In: UPADHYAYA, M. K.; BLACKSHAW, R. E. (Eds.). **Non-chemical weed management: Principles, Concepts and Technology**. London: CAB, 2007, p. 17-34.

MENNAN, H.; NGOUAJIO, M.; ISIK, D.; KAYA, E. Effects of alternative winter cover cropping systems on weed suppression in organically grown tomato (*Solanum lycopersicum*). **Phytoparasitica**, v. 37, p. 385-396, 2009.

MIYAGI, A.; TAKAHARA, K.; TAKAHASHI, H.; KAWAI-YAMADA, M.; UCHIMIYA, H. Targeted metabolomics in an intrusive weed, *Rumex obtusifolius* L., grown under different environmental conditions reveals alterations of organ related metabolite pathway. **Metabolomics**, v. 6, p. 497-510, 2010.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: [Edição do autor], 1991. 336 p.

MONQUERO, P.A.; AMARAL, L.R.; INÁCIO, E.M.; BRUNHARA, J.P.; BINHA, D.P.; SILVA, P.V.; SILVA, A.C. Efeito de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 85-95, 2009.

MOREIRA, F. M. de S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª ed. (atual e ampl.). Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p.

MORAES, P. V. D. de; AGOSTINETTO, D.; PANOZZO, L. E.; GALON, L.; OLIVEIRA, C.; DAL MAGRO, T. Potencial alelopático de extratos aquosos de culturas de cobertura de solo na germinação e desenvolvimento inicial de *Bidens pilosa*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1299-1314, jul./ago. 2012.

MOURÃO JÚNIOR, M.; SOUZA FILHO, A.P.S. Diferenças no padrão da atividade alelopática em espécies da família Leguminosae. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, p. 939-951, 2010. (Número Especial)

PEREIRA, W.; MELO, F. W. **Manejo de plantas espontâneas no sistema de produção orgânica de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. (Embrapa: Circular técnica, 62). Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2008/ct_62.pdf>. Acesso em: 01 out. 2012.

PINA, G. de O. Efeito alelopático de extrato aquosos foliar de *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae-cagaita) na germinação, crescimento e morfó-anatomia de *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae-gergelim) e *Raphanus sativus* L. (Brassicaceae-rabanete). 2008. 119 p. **Dissertação** (Mestrado) - Departamento de Botânica, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

PIRES, N. de M., PRATES, H. T., PEREIRA FILHO, I. A., OLIVEIRA JR., R. S. de, FARIA, T. C. L. de. Atividade alelopática de *Leucena* sobre espécies de plantas daninhas. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 1, p. 61-65, jan./mar. 2001.

PIRES, N. de M.; OLIVEIRA, V. R. Alelopatia. In. OLIVEIRA JR., R.S. de; CONSTANTIN, J. INOUE, M. H. (Eds.) **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011, p. 95-123.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

POORTER, H.; REMKES, C.; LAMBERS, H. Carbon and nitrogen economy of 24 wild species differing in relative growth rate. **Plant Physiology**, v.94, p.621-627, 1990.

PUTNAM, A. R. Allelopathic Research in Agriculture: Past Highlights and Potential. **The Chemistry of Allelopathy**, Washington, p. 1-8 1985.

QUEIROZ, L.R.; GALVÃO, J.C.C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, M.F.; TARDIN, F.D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

REIGOSA, M. J.; PEDRO, N.; GONZÁLEZ, L. Allelopathy: a physiological process with ecological implications. Holanda: Springer. 2006. 635 p.

RICE, E. L., **Allelopathy**. London: Academic Press, 1984, 424 p.

ROGINSKY, V.; LISSI, E. A. Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. **Food Chemistry**. v. 92, p. 235, 2005.

ROMERO-ROMERO, T.; SÁNCHEZ-NIETO, S.; SAN-JUAN-BADILLO, A.; ANAYA, A. L.; CRUZ-ORTEGA, R. Comparative effects of allelochemical and water stress in roots of *Lycopersicon esculentum* Mill. (Solanaceae). **Plant Science**, v. 168, p. 1059–1066, 2005.

SANTOS, J. B.; CURY, J. P. Picão-preto: uma planta daninha especial em solos tropicais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, p. 1159-1171, 2011 (Número Especial).

SANTOS, S. da C.; MELLO, J. C. P. de. Taninos. In: _____. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 6ª ed., 2007. p. 615-656.

SEIGLER, D.S. Chemistry and mechanisms of allelopathy interactions. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 6, p. 876-885, 1996.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: _____. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 6ª ed., 2007. p. 711-740.

SILVA, F. M. Verificação da eficiência dos bioensaios com extratos aquosos no diagnóstico de potencial alelopático: contribuição ao estudo de espécies nativas brasileiras. 2004. 87 p. **Dissertação** (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Botânica, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SILVA, M. L. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. dos S.; KOBBLITZ, M. G. B. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.

SILVEIRA, H.R.O.; FERRAZ, E.O.; MATOS, C.C.; ALVARENGA, I.C.A.; GUILHERME, D.O.; TUFFI SANTOS, L.D.; MARTINS, E.R. Alelopatia e homeopatia no manejo da tiririca (*Cyperus rotundus*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 499-506, 2010.

SIMONETO, E. L.; CRUZ-SILVA, C. T. A. da. Alelopatia de sálvia sobre a germinação e o desenvolvimento do milho, tomate e girassol. **Cultivando o saber**, Cascavel, v. 3, n. 3, p. 48-56, 2010.

SINGH, H.P.; BATISH, D.R.; KOHLI, R.K. Allelopathy in agroecosystems: a overview.

Journal of Crop Production, v. 4, p. 1-41, 2001.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Jr. Colorunetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-58, 1965.

SOARES, D.J.; PITELLI, R.A.; BRAZ, L.T.; GRAVENA, R.; TOLEDO, R.E.B. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura de cebola (*Allium cepa*) transplantada. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 387-396, 2003.

SOARES, D. J.; GRAVENA, R.; PITELLI, R. A. Efeito de diferentes períodos de controle das plantas daninhas na produtividade da cultura da cebola. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 22, n. 4, p. 517-527, 2004.

SOUSA, C.M.de M.; ROCHA e SILVA, H.; VIEIRA-Jr., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S. da; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. de M.; BRANDÃO, M. S.; CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

SOUZA FILHO, A. P. S.; RODRIGUES, L. R. A.; RODRIGUES, T. J. D. Potencial alelopático de forrageiras tropicais: efeitos sobre invasoras de pastagens. **Planta Daninha**, v. 15, n. 1, 1997.

SOUZA, C. L. M. de; MORAIS, V. de; SILVA, E. R. da; LOPES, H. M.; TOZANI, R.; PARRAGA, M. S.; CARVALHO, G. J. A. de. Efeito inibidor dos extratos hidroalcóolicos de coberturas mortas sobre a germinação de sementes de cenoura e alface. **Planta Daninha**, v. 17, n. 2, 1999.

SOUZA FILHO, A. P. S. Atividade potencialmente alelopática de extratos brutos e hidroalcóolicos de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v.20, n.3, p.357-364, 2002.

SOUZA FILHO, A. P. S.; PEREIRA, A. A. G.; BAYMA, J. C. Aleloquímico produzido pela gramínea forrageira *Brachiaria humidicola*. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 25-32, 2005.

SOUZA FILHO, A. P. S.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, L. S. Metodologias empregadas em estudos de avaliação da atividade alelopática em condições de laboratório – Revisão Crítica. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 689-697, 2010.

SOUZA, M. Produção de cebola e dinâmica de emergência de plantas espontâneas sob plantas de cobertura em sistema plantio direto. 2012. 118 f. **Dissertação** (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2012.

TABALDI, L. A.; VIEIRA, M. do C.; ZÁRATE, N. A. H.; SILVA, L. R. da. GONÇALVES, W. L. F.; PILECCO, M.; FORMAGIO, A. S. N.; GASSI, R. P.; PADOVAN, M. P. Culturas de cobertura e seus efeitos na produção de biomassa de plantas de *Serjania marginat*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 4, abr. 2012.

TEASDALE, J.R.; MOHLER, C.L. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. **Weed science**, v. 48, p. 385–392, 2000.

TEIXEIRA, C. M.; ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J. de. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciências agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 691-695, maio/jun. 2004.

TOKUHISA, D.; SANTOS DIAS, D. C. F. dos; ALVARENGA, E. M.; HILST, P. C.; DEMUNER, A. J. Compostos fenólicos inibidores da germinação em sementes de mamão (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 180-188, 2007.

TOKURA, L. K.; NÓBREGA, L. H. P. Alelopatia de cultivos de cobertura vegetal sobre plantas infestantes. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 379-384, jul./set. 2006.

TSUYUZAKI, S. Survival and Changes in Germination Response of *Rumex obtusifolius* Polygonum longisetum and *Oenothera biennis* during Burial at Three Soil Depths. **American Journal of Environmental Sciences**, v. 2, n. 2, p. 74-78, 2006.

UFMA-LABORATÓRIO DE BIOESTATÍSTICA. Análise Exploratório de Dados (aula prática programa Stata). São Luís/MA. UFMA - Programa de Pós Graduação em Saúde Coletiva. Disponível em: www.pgsc.ufma.br/arquivos/pratica1.doc. Acesso em: 29 dez. 2012.

VILANOVA, C. C. Sistema de plantio direto de cebola: contribuições das plantas de cobertura no manejo ecológico de plantas espontâneas. 2011. 76 f. **Dissertação** (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

WALKER, T. S.; BAIS, H. P.; GROTEWOLD, E.; VIVANCO, J. M. Root exudation and Rhizosphere Biology. **Plant Physiology**, v. 132, p. 44-51, mai. 2003.

ZALLER, J. G. Ecology and non-chemical control of *Rumex crispus* and *R. obtusifolius* (Polygonaceae): a review. **Weed Research**, v. 44, p. 414-432, 2004.

ZANATTA, J.F.; FIGUEREDO, S.; FONTANA, L.C.; PROCÓPIO, S.O. Interferência de plantas daninhas em culturas olerícolas. **Revista da FZVA**. Uruguaiana, v. 13, n. 2, p. 39-57. 2006.

ZHENG, S. J.; YANG, J. L. Target sites of aluminum phytotoxicity. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 3, p. 321-331, 2005.

ZOBEL, R. W.; KINRAIDE, T. B.; BALIGAR, V. C. Fine root diameters can change in response to changes in nutrient concentrations. **Plant Soil**, v. 297, p. 243-254, 2007.

ZUANAZZI, J. A. S.; MONTANHA, J. A. Flavonóides. In: _____. (Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 6ª ed., 2007. p. 577-614.

ANEXO 1

Tabelas anova CAPÍTULO I: **Aplicação de compostos polifenólicos de *Canavalia ensiformis* (L.) DC. na germinação e na emergência de plantas espontâneas**

1.1 Variável: Percentagem de germinação do teste (GERL)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,17	0,04	4,90	0,001
Erro Experimental	15	0,13	0,009		
		CV=7,73%		Média Geral=1,19	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	268,09	67,02	9,92	0,001
Erro Experimental	15	101,33	6,76		
		CV=3,30%		Média Geral=78,80	

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	2231,20	557,80	17,13	0,001
Erro Experimental	15	488,33	32,55		
		CV=12,98%		Média Geral=43,97	

1.2 Variável: Índice de velocidade de germinação (IVGL)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	19,26	4,82	8,08	0,001
Erro Experimental	15	8,94	32,55	0,60	
	CV=43,22%			Média Geral=1,78	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	19,07	4,77	19,69	0,001
Erro Experimental	15	3,63	0,24		
	CV=8,98%			Média Geral=5,48	

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	1,41	0,35	52,98	0,001
Erro Experimental	15	0,10	0,007		
	CV=12,64%		Média Geral=0,65		

1.3 Percentagem de germinação em casa de vegetação (GERCV)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	1033113 735,5	258278 433,9	0,72	0,001
Erro Experimental	15	5378096 360,3	358539 757,4		
	CV=52,25%			Média Geral=36240.25	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	238,76	59,69	4,47	0,005
Erro Experimental	15	200,17	13,34		
	CV=32,81%			Média Geral=11,13	

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	796367 21,60	1990 9180. 40	3,51	0,001
Erro Experimental	15	851549 89,53	5676 999.3 0		
	CV=52,08%			Média Geral=4575,07	

1.4 Comprimento de raiz (COMPR)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,07	0,02	1,31	0,001
Erro Experimental	15	0,21	0,01		
	CV=4,41%			Média Geral=2,66	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	1011525 8428,32	2528814 607,08	12,27	0,001
Erro Experimental	15	3092316 140,71	2061544 0,38		
	CV=42,40%			Média Geral=33863.38	

Esponatnea: *Bidens pilosa* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	280079.5	70019.88	2,99	0,001
Erro Experimental	15	351132.4	23408.83		
	CV=21,99%			Média Geral=695.79	

1.5 Volume de raiz (VOLR)

Esponatnea: *Rumex obtusifolius* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,05	0,01	0,71	0,001
Erro Experimental	15	0,29	0,02		
	CV=20,81%			Média Geral= 0,67	

Esponatnea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,012	0,003	15,63	0,001
Erro Experimental	15	0,003	0,0002		
	CV=42,23%			Média Geral= 0,03	

Esponatnea: *Bidens pilosa* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,0003	0,00008	1,62	0,001
Erro Experimental	15	0,0007	0,00005		
	CV=7,41%			Média Geral= 0,10	

1.6 Matéria seca de raiz (MSR)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	142989 57.88	3574739. 47	8,66	0,001
Erro Experimental	15	619531 6.44	413021.1 0		
	CV=44,01%			Média Geral=1460.19	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	2,82	0,71	6,27	0,001
Erro Experimental	15	1,69	0,11		
	CV=20,30%			Média Geral= 1,65	

Espontânea: *Bidens pilosa* L. - **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,004	0,001	1,61	0,001
Erro Experimental	15	0,01	0,0007		
	CV=6,77%			Média Geral= 0,39	

1.7 Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	12648.88	3162.22	8,01	0,001
Erro Experimental	15	5922.68	394.85		
	CV=18,46%			Média Geral= 107,62	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,71	0,18	6,61	0,001
Erro Experimental	15	0,40	0,03		
		CV=24,29%		Média Geral=0,67	

Espontânea: *Bidens pilosa* L. **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	4846.5	1211.6	0,78	0,001
Erro Experimental	15	23199.6	1546.6		
		CV=38,70%		Média Geral= 101.63	

ANEXO 2

Tabelas anova CAPÍTULO II: Aplicação de compostos polifenólicos de *Mucuna aterrima* (Piper & Tracy) Holland na germinação e na emergência de plantas espontâneas

2.1 Variável: Percentagem de germinação final em laboratório (GERL)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	912,80	228,20	8,67	0,001
Erro Experimental	15	395,00	26,33		
		CV=18,26%	Média Geral=28,10		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	2961,20	740,30	27,15	0,001
Erro Experimental	15	409,00	27,27		
		CV=6,93%	Média Geral=75,30		

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	293,200	73,30	6,96	0,001
Erro Experimental	15	158,00	10,53		
		CV=4,00%	Média Geral=81,20		

2.2 Variável: Índice de velocidade de germinação (IVG)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	24,70	6,17	6,96	0,001
Erro Experimental	15	13,30	0,89		
		CV=21,95%	Média Geral=4,29		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	32,70	8,18	4,73	0,001
Erro Experimental	15	25,95	1,73		
CV=16,18%			Média Geral=8,13		

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	326160.9	81540.2	8,61	0,001
Erro Experimental	15	142069.7	9471.3		
CV=28,40%			Média Geral=342.74		

2.3 Variável: Germinação em casa de vegetação (GERCV)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	382.58	95.64	11,52	0,001
Erro Experimental	15	124,50	8,30		
CV=9,68%			Média Geral= 29,77		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	493422 60,71	123355 65,18	4,96	0,005
Erro Experimental	15	373093 90.73	248729 2.72		
CV=43,69%			Média Geral=3609.60		

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	211819 93.18	529549 8.29	39,58	0,001
Erro Experimental	15	200671 6.47	133781 .10		
	CV=28,54%		Média Geral=1281.59		

2.4 Variável: Comprimento de raiz (COMPR)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	457415 337500 1,2	114353 834375 0,3	3.77	0,005
Erro Experimental	15	455470 763780 1,8	303647 175853 ,5		
	CV=38,36%		Média Geral=1436444.05		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	995732 5589.0 8	248933 1397.2 7	10.40	0,001
Erro Experimental	15	359121 5327.8 23	239414 355.18 8		
	CV=48,61%		Média Geral= 31829.77		

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0.15	0.04	6.59	0,001
Erro Experimental	15	0.08	0.0056		
	CV=2,68%		Média Geral= 2,80		

2.5 Variável: Volume de raiz (VOLR)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L. – **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,04	0,01	1,17	0,001
Erro Experimental	15	0,14	0,009		
	CV=36,53%			Média Geral= 0,26	

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,13	0,03	3,43	0,005
Erro Experimental	15	0,14	0,009		
	CV=55,34%			Média Geral= 0,17	

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,25	0,06	18,01	0,001
Erro Experimental	15	0,05	0,003		
	CV=6,61%			Média Geral= 0,89	

2.6 Variável: Matéria seca de raiz (MSR)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	82,68	20,67	10,4437	0,001
Erro Experimental	15	29,69	1,98		
	CV=13,95%		Média Geral=10,08		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,84	0,21	7,35	0,001
Erro Experimental	15	0,43	0,03		
	CV=12,92%				

Espontânea: *Bidens pilosa* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	213,47	53,37	15,70	0,001
Erro Experimental	15	50,98	3,40		
	CV=13,89%		Média Geral=13,27		

2.7 Variável: Matéria seca da parte aérea (MSPA)

Espontânea: *Rumex obtusifolius* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	19678,42	4919,6	84,73	0,001
Erro Experimental	15	870,98	58,1		
	CV=8,21%		Média Geral= 92,85		

Espontânea: *Sonchus oleraceus* L.

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	0,98	0,24	23,45	0,001
Erro Experimental	15	0,16	0,01		
	CV=7,13%		Média Geral=1,43		

Espontânea: *Bidens pilosa* L. – **NÃO SIGNIFICATIVO**

Fontes de Variação	GL	SQ	QM	Teste F	Nível mínimo de significância (%)
Tratamentos	4	4928,45	1232,11	0,7654	0,001
Erro Experimental	15	24145,85	1609,72		
	CV=37,56%		Média Geral=106,81		